4 A. civ. 17 h (19

Digitized by Google

<36636770360010

<36636770360010

Bayer. Staatsbibliothek

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Allgemeine Bauzeitung

mit Abbildungen.

Redigirt und herausgegeben

von

Prof. Christ. Friedr. Ludwig Förster,

k. k. Architekt,

Kunstmitglied der k. k. Akademie der schönen Künste in Venedig, Mitglied der kaiserl. russischen Akademie von St. Petersburg, der königl. Akademien der Wissenschaften und Künste in Brüssel und Antwerpen, korrespondirendes und Ehrenmitglied der königl. Societät der brittischen Architekten in London, korrespondirendes Mitglied der k. k. mährisch und schlesischen Gesellschaft des Ackerbaues, der Natur- und Landeskunde, Ehrenmitglied des polytechnischen Vereins für Bayern und des Vereins zur Beförderung und Ermunterung der Industrie und Gewerbe im Herzogthum Steiermark, Ritter des königl. griechischen Erlöserordens, Inhaber der kaiserl. österr. goldene Medaille für Wissenschaft und Kunst u. s. w.

Neunzehnter Jahrgang.
1854.

Mit einem Atlas von 72 Blättern in Folio- und Halbfolio-Format, und mit 22 dem Texte beigefügten Abbildungen in Quartformat und 3 Holzschnitten.

Als Beilagen: Das Literatur- und Anzeigeblatt für das Baufach, Band V, von Nr. 1 bis Nr. 5.
Notizblatt, Band III, von Nr. 1 bis Nr. 6.

Verlag von L. Förster's artistischer Anstalt in Wien.

Digitized by Google

4° A civ. 17 b/13

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Gedruckt bei Anton Benko.

Digitized by Google

Inhalts-Verzeichniß

der Allgemeinen Bauzeitung vom Jahre 1854.

Anmerkung. Die mit L. und N. bezeichneten Zahlen beziehen sich auf das Literatur- und das Notizblatt; alle übrigen Zahlen betreffen das Hauptblatt.

Titel.	Nummer und Seite der beigelegten oder beigedruckten Abbildungen.	Seite
I. Monumentale Bauwerke des Hochbaues, Wohn-, Fabriks- und Oekonomiegebäude.		
Die Omarmoschee in Jerusalem	607	1—2
Die Markthalle in Böslau, von L. Förster	610	8
Die neue katholische Kirche des heil. Dionysius zu Athen, von v. Klenze	617—618	129—131
Die bewegliche Kuppel des Observatoriums in Paris	619	131
Das neue Stadtgerichts-, Inquisitoriats- und Gefangengebäude zu Breslau, von Busse	621—631	134—141
Arabisches Wohnhaus in Algier	636—642	189—193
Englisches Wohnhaus, von Mackenzie	643	344
Das Haus des Maurermeisters Grau in Kassel, von Hacault	644	345
Landwirthschaftliche Gebäude in Frankreich und Belgien	. . . . .	. .
I. Wirthschaftsgebäude aus der Umgegend von Paris	645—647	346—347
II. Kuhstall, Milchhaus und Hühnerhof eines Landhauses bei Paris	648	347—348
III. Schweinstall in Rincy	649	348—349
IV. Taubenhaus und Milchhaus der kaiserl. Meierei Rambouillet	650	349—351
V. Federviehstall und Taubenhaus bei Bondy	651	351—352
VI. Eisgruben	652 u. Seite 388	380—385
Restauration „zur Begerburg" auf dem Felsen „Kanapée" im plauen'schen Grunde bei Dresden, von Lehnert	654—655	388—389
Synagoge in Heidenheim v. Bürklein	656—658	389—391
II. Brückenbauten.		
Die alte steinerne Brücke über den Wienfluß vor dem Kärnthnerthor in Wien, und die an dieser Stelle nach den Plänen von L. Förster im Bau begriffene neue Brücke (Elisabethbrücke)	608—609 u. S. 5	3—7
Einsturz der Hängebrücke vor Peney in der Schweiz unter ihrer Probebelastung	. . . . .	N. 33—34
Der Viadukt bei Schildesche auf der köln-mindener Eisenbahn	620	132—133
Blechbrücke bei Asnières in der Nähe von Paris	. . . . .	N. 130—131
Die Elisabethbrücke in Wien, von Förster	652	386—387
Erniedrigung des Pont-Neuf zu Paris	659—662	391—392
Dienstbrücke bei Erniedrigung des Pont-Neuf	661—662	392
Die neue Weichselbrücke bei Dirschau	. . . . .	N. 147.
Die Viktoriabrücke über die Themse bei Windsor, von Page	674—678	464—465

Digitized by Google

Titel.	Nummer und Seite der beigelegten oder beigedruckten Abbildungen.	Seite
III. Straßenbau.		
Gußeiserne Chausséewalze mit Wasserfüllung	Seite 13	10
Reinigung von Straßenkanälen auf mechanischem Wege		10
Neues Straßenpflaster von Bitumen		N. 119—120
Straßenreinigung		N. 123—124
IV. Eisenbahnen und Bestandtheile derselben. Telegraphen.		
Die Semmeringbahn und die neuesten Resultate mit den Engerth'schen Lokomotiven		N. 9—13
Neue Anordnung der Elektricität zur Sicherung des Verkehrs auf Eisenbahnen		N. 13—14
Die Eisenbahn über den Luckmanier	N. Seite 31	N. 31—32
Der Viadukt bei Schildesche auf der köln-mindener Eisenbahn	620	132—138
Bremsvorrichtung an Eisenbahnen, von Salzmann		N. 70—71
Hydraulique appliquée. Nouveau systeme de locomotion sur les chemins de fer, par Girard	L. Seite 37	L. 31—44
Ueber die Berechnung und Absteckung der Schienenwege in Bahnhöfen, von Bauer	Seite 369	353—379
Das österreichische Eisenbahnnetz		N. 133—136
V. Wasserbauten.		
Beschreibung einer Vorrichtung zum Ausziehen von Piloten, von Kuilmann	633	167—169
Ueber den Bau des neuen k. k. Erzherzogin Sophien-Teiches bei Przibram, nebst Teichwärterswohnung zum bestehenden k. k. Erzherzog Franz Karl-Teich, behufs der Versorgung des k. k. przibramer Hauptwerkes mit Aufschlagwasser, von Reinscher	634 u. Seite 171	170—183
Hydraulique appliquée, par Girard	L. Seite 37	L. 31—44
Verfahren der Alten beim Bau der Wasserleitungen		N. 89—90
Bau eines Bassins bei den Alten		N. 90—91
Steinsprengung unter Wasser ohne Bohrlöcher		N. 122—123
Der oberländische Kanal in Westpreußen		N. 147—148
Geschichte und Beschreibung des kaledonischen Kanals in Schottland	664—666	393—419
Der Wasserbau in der Landwirthschaft. (Zweiter Abschnitt. Entwässerungen)	667 u. Seite 417, 451 und 457	411—461
VI. Konstrukzionen und Hilfsmittel bei Bauführungen. Baumaterialien und ihre Konservirung, Zeichenmaterialien u. s. w.		
Einige Notizen über Eisenblechdächer und über die Metalldeckungsart des Herrn Rabatel in Paris	Seite 11	8—9
Anstrich für große Bauholzer und Eisenbestandtheile, wodurch sie vor dem Andrang aller Feuchtigkeit bewahrt werden		N. 19
Anwendung des flüssigen Kautschuks für die bei Wasserbildern weiß zu lassenden Stellen		N. 20
Betonmaschine von Lapito		N. 20
Heizung und Ventilazion des Gefängnisses Mazas in Paris	611—613	38—50
„ „ „ „ in Provins		51—53
„ „ „ „ in Tours		53—58
„ „ der Kirche St. Roch in Paris	Seite 63	58—66
„ „ des großen Amphitheaters des Konservatoriums der Künste und Handwerke		66—77

Digitized by Google

Titel.	Nummer und Seite der beigelegten oder beigedruckten Abbildungen.	Seite
Heizung und Ventilazion des Sitzungssaals des Instituts		77—78
„ „ „ Spitals du Nord		78—80
Ventilazion des Dépotoir von La Villette		80—82
Heizung und Ventilazion der Glaswerkstätten von Baccarat		82—83
Metallkompoſizionen von Chameroy		N. 35
Durchſichtiges Papier		N. 35
Vorrichtung zum Transport von Baumaterialien von Balan		N. 35—36
Bewegliche Kuppel des Obſervatoriums in Paris	619	131
Dampfküche des Stadtgerichts-, Inquiſitoriats- und Gefangengebäudes in Breslau	630—631	139—140
Warmwaſſerheizung daſelbſt	629	140—141
Die Verhandlungen über eiſerne Balkendecken in den Verſammlungen des königl. Architektenvereins in London	632 u. Seite 145	141—166
Anſtrich auf Mauern		166
Ueber die Oxydirung des Eiſens bei Bauwerken, über die Unwirkſamkeit der Anſtriche oder Firniſſe, und über die ſchützende Kraft des Kalkes und Mörtels, v. Vicat		N. 67—70
Gußeiſerne Ziegel		N. 74.
Hydrauliſcher Cement aus den Niederſchlägen der Sodafabrikazion v. Apsdin		N. 75.
Geſchmolzener Baſalt als Gegenſtand der Konſtrukzion und Dekorazion v. Adcock		N. 75—76; 118—119
Mechaniſche Eigenſchaften der Metalle v. Fairbairn		N. 76
Kalfatern mit Kautſchuck v. Brooke		N. 76
Die Eiſenerzeugniſſe der Hütten de la Providence und das eiſerne Dach über den Magazinen dieſes Etabliſſements zu Paris	635	184—189
Unterſuchungen über die Art und Weiſe, wie die Römer den Kalk zubereiteten, deſſen ſie ſich bei ihren Bauten bedienten, und über die Kompoſizion und Anwendung ihrer Mörtel		N. 77—93
Mauer- oder Luftmörtel		N. 85
Mörtel für feuchte unterirdiſche Räume		N. 85
„ mit Hammerſchlag und andern kalcinirten Stoffen		N. 86
„ für Waſſerleitungen, Baſſins ꝛc.		N. 86
„ zur Anfertigung künſtlicher Steine und Luftziegel, Steinmörtel		N. 6
„ zum innern Wandputz, Marmormörtel, Mörtel von reinem Kalk		N. 87
Putz auf reinem Kalk in Indien		N. 88
Lapis politus der Alten		N. 88
Anwendung der verſchiedenen Baumörtel		N. 89
Moſaik		N. 91—92
Anfertigung großer Vaſen für Gebäude und Gärten		N. 92—93
Hydrauliſche Kalke; Cemente und künſtliche Steine		N. 112
Verhalten der hydrauliſchen Cemente im Meerwaſſer		N. 116
Konſervirung des fetten Kalkes und des Eiſens bei alten Bauwerken		N. 117
Bitumen als Straßenpflaſter		N. 119—120
Plaſtiſche Stoffe für induſtrielle und artiſtiſche Gegenſtände		N. 120—121
Eiſen gegen Roſt zu ſchützen		N. 121
Ueberzug des Eiſens mit Kupfer oder Meſſing		N. 121—122
Lehrbogen des Pont-Neuf in Paris	661	392
Stroh als Erſatz für Holz		N. 144
Vervollkommnung in der Fabrikazion des Eiſens		N. 144
Vermeſſungen der Metalle		N. 144—145
Anſtrich auf Holz		N. 145
Verbrennung der Gaſe		N. 145

Digitized by Google

Titel.	Nummer und Seite der beigelegten oder beigedruckten Abbildungen.	Seite
Eiserner Dachstuhl der Douane aux Marais zu Paris	668—673	461—464
Eindeckung mit galvanisirtem Eisenblech der Douane aux Marais in Paris	673	464
VII. Maschinen und Bestandtheile derselben. Instrumente und Apparate bei Bauführungen ꝛc.		
Betonmaschine von Lapito		N. 20
Anemometer von Morin		66—75
Zur Erickson'schen Maschine		N. 74—75
Atmosphärischer Krahn		N. 124—125
Wasserpumpe		N. 125
Neue Hobelmaschine		N. 145
Holländische Windwasserschraube zum Aufmahlen des Sumpfwassers	667	454
Dampfmaschinen der Wasserwerke von Birmingham	Seite 467 u. 469	465—471
Apparat zum Messen von Gas, Wasser und andern Flüssigkeiten	Seite 469	471—472
VIII. Dekorazionen.		
Altar der neuen katholischen Kirche in Athen	618	
Die silberne Monstranz in der Kirche zu Tiefenbronn im Großherzogthum Baden	616	126—129
Schwurgerichtssaal des neuen Stadtgerichts-, Inquisitoriats- u. Gefangenhauses zu Breslau	628	
Maurische Wand-, Decken-, Gewölb- und andere Verzierungen	636—642	
Synagoge in Heidenheim; Dekorazion der Wände und Gestühle	656—658	
IX. Abhandlungen verschiedener Art.		
A. Monumentalkunde, Kunstgeschichte und Archäologie.		
Reisen in Italien, Griechenland und der Levante (Syra, Pyräos, Athen)		N. 1—9; 21—26; 37—67;
Die Monumente Athens und die archäologischen Studien in Griechenland	614 und 615	84—127
Die französische Schule in Athen und ihre literarischen Leistungen, besonders in Betreff auf das Werk „l'Acropole d'Athènes par Beulé"	L. S. 55, 57, 59, 61	L. 9—16; 17—24; 25—31; 47—76
Ueber die neuesten Ausgrabungen bei dem großen Sphinx von Gisch in Aegypten		N. 26—30
Die silberne Monstranz in der Kirche zu Tiefenbronn im Großherzogthum Baden	616	128—129
Wohnhaus in Algier (als Beispiel maurischer Baukunst)	636—642	189—193
Untersuchungen über die Art und Weise, wie die Römer den Kalk zubereiteten, dessen sie sich bei ihren Bauten bedienten, und über die Komposizion und Anwendung ihrer Mörtel		N. 77—93
Die Insel Aegina und ihre Kunst		N. 94—112
Katakomben in Rom		N. 126—127
Ruinen von Kirchen und Kapellen bei Sebastopol		N. 127
Entdeckung eines Palastes in Ninive		N. 127—128
Felsentempel Ostindiens		N. 128—129
Baustil in dem Königreich Cachemir		N. 129
Erhaltung der Baudenkmäler in Preußen		N. 146
Ueber den Abbruch einer alten Mauer in Danzig		N. 149
Ausgrabungen in Italien und Griechenland		N. 149—150
Fund in Troja		N. 150

Digitized by Google

Titel.	Nummer und Seite der beigelegten oder beigedruckten Abbildungen.	Seite
B. Oeffentliche Feste.		
C. Ueber verschiedene Gegenstände des Baufaches und der Industrie.		
Die neuesten Erfahrungen in Betreff der Heizung und Ventilazion öffentlicher Gebäude, welche in den Jahren 1848 bis 1853 in Frankreich gemacht worden sind	G11—G12	15—83
Entschwefelung der Kohle und der Koks mit Seesalz		N. 35
Schmiere für Maschinen von Boslau		N. 35
Gaserzeugungsmethoden durch die Einwirkung des elektrischen Stromes auf das Wasser von Shepard		N. 36
Grundzüge, welche bei der Anlage von Gefängnissen in Preußen zur Richtschnur genommen werden		136—139
Ueber die Oxydirung des Eisens bei Bauwerken, über die Unwirksamkeit der Anstriche oder Firnisse, und über die schützende Kraft des Kalkes und Mörtels von Vicat		N. 67—70
Ueber die Konkurrenz bei dem Entwurf von Bauplänen von Stammann		N. 71—74
Widerstandsfähigkeit des Eisens		184—189
Die Widerstandsfähigkeit der Baumaterialien, vom General Morin		
Dritter Theil, Biegung	Seite 207—336 ꝛc.	195—333
Vierter Theil, Torsion		333—343
Anfertigung großer Vasen für Gebäude und Gärten		N. 92—93
Verhalten der hydraulischen Cemente im Meerwasser		N. 116
Konservirung des fetten Kalkes und des Eisens bei alten Bauwerken		N. 117
Ueberzug des Eisens mit Kupfer oder Messing		N. 121—122
Steinsprengung unter Wasser ohne Bohrlöcher		N. 122—123
Straßenreinigung		N. 123—124
Leuchtgas		N. 125—126
Aufsuchen undichter Stellen der Gasröhren und Brenner		N. 126
Die Konkurrenzpläne zum Bau des neuen Rathhauses in Hamburg		N. 140—142
Formel zur Berechnung des kubischen Inhaltes der Fässer		N. 143
Vermessingen der Metalle		N. 144
Ueber die bevorstehenden Freskogemälde auf der Marienburg in Preußen		N. 151—152
Das für Kant zu Königsberg projektirte Denkmal		N. 152—154
X. Gesetze.		
Eisenbahnkonzessionsgesetz für Oesterreich		N. 136—140
XI. Literarische Erscheinungen im Fache des gesammten Bauwesens.		
A. Besprechungen und Auszüge aus Werken.		
Denkmale deutscher Baukunst, Bildnerei und Malerei, von E. Förster		L. 1
Archiv für Niedersachsens Kunstgeschichte, v. Mithoff		L. 1—2
Handbuch des gesammten landwirthschaftlichen Bauwesens, v. Engel		L. 2
Die Verwaltung herrschaftlicher Bauten und Gärten, von v. Malortie		L. 2
Die wesentlichsten Anforderungen an den Inhalt und die Expedizion öffentlicher Bauentwürfe, v. Lauterburg		L. 2—3
Der Brückenbau in seinem ganzen Umfange u. s. w., v. Becker		L. 3—4
Erfahrungen und Beobachtungen im Gebiete der Strombaukunst, v. Hübbe		L. 4—6
Die öffentlichen und privativen Wasch-, Bleich- und Badeanstalten Frankreichs und Englands, v. Rouge de Lisle		L. 6

Digitized by Google

Titel.	Nummer und Seite der beigelegten oder beigedruckten Abbildungen.	Seite
Ueber London und Paris nach Rom, von Wilm	. . . . .	L. 6—7
L'acropole d'Athènes par Beulé	L. 55, 57, 59, 61	L. 9—16; 17—24; 25—31; 47—76
Hydraulique appliquée par Girard	L. Seite 37	L. 31—44
Die Lokomotive der Staatseisenbahn über den Semmering, v. Engerth	. . . . .	L. 45
Die wesentlichste Grundlage der monumentalen Baukunst, v. Wolff	. . . . .	L. 45—46
Karte der mittelalterlichen Architektur in Deutschland, v. Lübcke	. . . . .	L. 46
Sanssouci, Potsdam und Umgegend, von Lenné, Hesse und Häberlin	. . . . .	L. 77
Technisches Wörterbuch, von Karmasch und Heeren	. . . . .	L. 77
Beiträge zur Gewölbtheorie, von Tellkampf	. . . . .	L. 77—78
Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens, von Heusinger v. Waldegg	. . . . .	L. 78
B. Bücheranzeigen.	. . . . .	L. 7—8 u. 78
XII. Anzeigen, Bemerkungen, Fragen, Nachrichten und Notizen, das Baufach betreffend.		
Aufforderung zur Einreichung von Entwürfen für das neue Rathhaus zu Hamburg	. . . . .	L. 16
Konkursprogramm für die in Folge des Aufrufes Sr. kaiserl. Hoheit des durchlauchtigsten Erzherzogs Ferdinand Max in Wien zu erbauende Votivkirche	. . . . .	L. 24
Alle übrigen Nachrichten sind in dem Notizblatt enthalten, welchem am Schlusse eines Bandes ein ausführliches Register beigegeben wird.		
XIII. Biographien.		
Fontaine (Eine biographische Skizze)	N. Seite 15.	N. 14—17
Blouet. Leclerc. Visconti	. . . . .	N. 18—19
XIV. Abbildungen.		
Der Atlas des neunzehnten Jahrganges der Allgemeinen Bauzeitung enthält 72 Blätter in Folio- und Halbfolioformat	**607—678**	
Dem Texte sind beigegeben 22 Abbildungen in Quartformat auf	Seite 5, 11, 13, 63, 145, 207, 336a, 336b, 336c, 336d, 369, 383, 417, 451, 457, 467, 469; L. 37, 55, 57, 59, 61	
Holzschnitte sind in dem Text gedruckt auf	31, 171, N. 15	

Digitized by Google

Bayerische Staatsbibliothek München

Die Omar-Moschee in Jerusalem.

Nach einer Mittheilung des Herrn Bauinspektors Wild.

(Mit einer Abbildung auf Blatt 607).

Jerusalem bietet das einzig dastehende Faktum, daß es von den Anhängern dreier so verschiedener Nazionen als die heilige Stadt betrachtet wird. Nachdem sich die Geschicke der Juden daselbst erfüllt hatten, nachdem dort das Grab gegraben war, aus welchem das christliche Leben sproßte, knüpfte auch Mohamed seine Lehre an die Stadt so großer Erinnerungen. Er wählte hierzu diejenige Stelle aus, wo der Patriarch Abraham seinen Sohn Isaak dem Jehova zum Opfer bringen wollte, auf welcher später Jakob schlief, als er die Vision der Engel hatte, und woselbst alsdann der Tempel des Salomon erbaut und zerstört worden war. Auf diese Stelle brachte ihn von Mekka aus, wie die 17. Sure des Koran erzählt, der Engel Gabriel, als ihm derselbe im zwölften Jahre des Prophetenthums erschien, und hier verrichtete er sein Gebet, um dann die daselbst beginnende goldene Treppe zu besteigen, welche ihn in den Himmel führte, wo ihm aus dem Munde Gottes seine neue Lehre geoffenbaret wurde. Man will noch jetzt den Eindruck sehen, welchen der Fuß des Propheten zurückgelassen hat, und dieser Ort wurde daher für alle rechtgläubigen Mohamedaner ein Gegenstand der größten Verehrung. Als dieselben im Jahre 636 unter Omar Jerusalem eroberten, faßte der Khalife natürlich sogleich den Entschluß, eine Moschee daselbst zu bauen, für welche die heut zu Tage noch bestehende gewöhnlich gehalten wird. Aber selbst mehrere arabische Schriftsteller erzählen, daß der Khalife Abd-el-Melek die Moschee in den Jahren 686 — 693 nach eigenem Entwurfe umbaute. Ueber vier Jahrhunderte feierte in ihr der Islam ungestört seinen einfachen Kultus, bis im Jahre 1099 Jerusalem von den Kreuzfahrern eingenommen wurde. Von den leider ungeheueren Gräuelthaten, welche hierbei verübt wurden, war die Omar-Moschee und ihre Umgebung der Hauptschauplatz. Greise, Weiber und Kinder nebst vielen Wehrhaften hatten sich in ihr Heiligthum geflüchtet, bis Tankred einfiel und ein mehrtägiges Blutbad anrichtete, das nach arabischen Autoren 70000, aber selbst nach christl. 10000 Menschen das Leben gekostet hat *). Gottfried richtete später den Tempel zum christlichen Kultus ein und stiftete eigene Domherren, für welche ringsum Wohnungen hergestellt wurden. Aber mit dem kurzen Königthum fiel auch das Kreuz des Tempels, auf welchem der ägyptische Sultan Saladin im Jahre 1187 den Halbmond wieder aufpflanzte, nachdem die Kirche von den christlichen Zuthaten befreit und ganz mit Rosenwasser gereinigt worden war, das zu diesem Zwecke eigens aus Damaskus herbeigeschafft wurde. Von da an blieb die Moschee in den Händen der Türken, und zwar, einige kleine Nebenanlagen abgerechnet, im unveränderten Zustande.

Die Moschee ist eines der schönsten Denkmäler sarazenischer Baukunst. Sie hat eine doppelte Umfassung. Die äußerste, welche etwa 1500 Fuß lang und 1000 Fuß breit ist, bilden gewaltige Mauern, die gegen Osten und Süden zugleich die Stadtmauern ausmachen; sie bestehen aus Kalksteinen, von zum Theil außerordentlichen Dimensionen, wie wir z. B. ein Haupt von 30 Fuß Länge und 6½ Fuß Höhe maßen. In ihnen befinden sich vier offene Thore gegen Westen und drei gegen Norden; das südliche und das östliche, auch goldene Thor genannt, durch welches Christus seinen Einzug in Jerusalem gehalten haben soll, ist vermauert. Den innern Umfang (welcher auf der Zeichnung zum Theil ersichtlich ist) bilden größtentheils Reihen von Häusern für Santon's, d. i. religiöse Ascetiker, für Ulemas, für Schulen und für einzelne besondere Betplätze. Außerdem befindet sich auf jeder der vier Seiten ein Thor, durch welches man auf die etwa 6 Fuß erhöhte Tempel-Platform tritt, welche ganz mit polirtem Marmor von weißer, etwas ins Blaue gehenden Farbe gepflastert ist. Das Gebäude selbst ist ein regelmäßiges Achteck, an welchem jede Seite etwa 60 Fuß mißt. Jede Seite ist in Felder abgetheilt, welche unten mit Marmor, oben mit farbi-

*) Tantum hoc dixisse sufficiat, quod in templo et porticu Salamonis equitabatur in sanguine usque ad genua et usque ad frenos equorum.

Digitized by Google

Bayerische Staatsbibliothek München

gen Porzellanplatten von 8—9 Zoll im Gevierte bekleidet sind und noch außerdem verschiedene mit goldnen Buchstaben geschriebene Sprüche aus dem Koran enthalten. Die Seitenmauern überragen das Dach um 7 Fuß, so daß letzteres von unten nicht gesehen werden kann. Es ist, so wie der obere Theil der Kuppel, mit Blei bedeckt, während die Kuppel unten mit den schon beschriebenen Porzellanplatten vertäfelt ist. In das Innere führen vier, ebenfalls nach den Haupthimmelsgegenden gerichtete Thore, durch welche aber bisher nur drei oder vier Nichttürken eingegangen sind, darunter kein Architekt. Denn ohne Ferman des Sultans darf man nicht einmal den äußeren Vorhof betreten, und schon das bloße Stehenbleiben an den äußern, gegen die Straßen der Stadt offenen Thoren kann fanatische Aufläufe erregen. Die beifolgende Zeichnung wurde von den Fenstern einer anstoßenden Kaserne durch besondere Gunst eines Officiers (Renegaten) aufgenommen, während man sich in der Regel mit dem allgemeinen Ueberblick begnügen muß, welchen man von der Höhe des Oelberges gewinnen kann.

Was man über das Innere des Gebäudes weiß, besteht etwa im Folgenden: der Fußboden ist mit weiß und blauem Marmor mosaikartig getäfelt, und die übrigens ganz glatten Wände sind mit schönem weißen Marmor verkleidet. Vier und zwanzig Marmorpfeiler von 18—20 Fuß Höhe von bräunlicher Farbe bilden ein achteckiges Schiff. Von diesen sind acht, welche den Ecken der Moschee gegenüberstehen, viereckig und unverziert; die übrigen sechzehn, je zwei nach jeder Seite des Achteckes, sind rund, verziert und vergoldet. Vier und zwanzig flache Spitzbogen unterstützen die gerade Holzdecke, welche in Felder abgetheilt und äußerst geschmackvoll vergoldet ist. Auf einer Erhöhung des Fußbodens von 2 Fuß, zu welcher man auf vier Stufen hinaufsteigt, steht ein innerer Kreis von sechzehn Pfeilern, vier viereckigen und zwölf runden. Sie sind ähnlich gearbeitet und verziert wie die vorigen und unterstützen die Kuppel, die bei einem Durchmesser von circa 40 Fuß eine Höhe von 90 Fuß hat und deren Inneres mit schönen Arabesken geschmückt ist. Zwischen ihnen ist ein eisernes Gitter angebracht, in dem sich eine Thür befindet, welche täglich einige Stunden für die Andächtigen geöffnet wird. Aus der Mitte der Kuppel hängen verschiedene goldene und silberne Gefäße herab, welche fromme Mohamedaner in die Moschee stifteten. Gerade in der Mitte liegt, von einem Holzgitter von etwa 4′ Höhe umgeben, ein großer Kalksteinblock, wahrscheinlich ein Theil des Felsens, auf welchem die Moschee steht. Wir haben von diesem Heiligthume schon eingangs gesprochen und erwähnen nur noch, daß sich unter den Türken noch viele andere Sagen an dasselbe knüpfen. Ueber dem Gitter, welches den Steinblock umgibt, ist ein Baldachin von grünem und rothem Seidenzeug, und unmittelbar unter dem Steine eine unregelmäßige viereckige Aushöhlung von etwa 18 Fuß Breite und 8 Fuß Höhe. Es ist der Brunnen der Seelen oder der Eingang zur Unterwelt, denn hier wird das letzte Gericht gehalten werden unter dem Vorsitze Mohameds, zu welchem Behufe man auch eine Wage vorräthig hält, auf welcher man die Seelen der Menschen wägen wird. In dem äußern Umkreise ist ein Brunnen, worin die Muselmänner sich waschen, und nahe am westlichen Eingange sieht man unter den Marmortafeln des Fußbodens eine von grüner Farbe, auf welcher ursprünglich 18 silberne Nägel eingeschlagen waren. Gegenwärtig sind davon nur noch drei und ein Stück vom vierten vorhanden; die übrigen sind zu verschiedenen Zeiten verschwunden, und zwar jeder einzeln am Ende eines besonders merkwürdigen Zeitraumes. Die noch vorhandenen werden nachfolgen, und wenn der letzte verschwindet, wird die Welt zu Grunde gehen.

Es ließen sich noch viele andere Sagen der Türken anführen, welche sich mit dieser Moschee verbinden; wir wollen aber nur noch eines rührenden Schauspiels erwähnen, welches sich jeden Freitag an ihrer äußeren Umfassungsmauer wiederholt. Um die Mittagsstunde begeben sich nämlich die Juden in ein schmales Gäßchen ihres Quartiers, welches an die Mauer anstößt, um den Fall Jerusalems zu beweinen und die Sendung des Messias zu erbitten. Theils auf dem Boden kauernd, theils an die Mauer gelehnt, dessen Steine sie durch ihre Thränen erweichen zu wollen scheinen, bejammern sie den Untergang des Tempels, der an einem Freitag erfolgte, und flehen um die Ankunft ihres Retters, die gleichfalls an einem Freitag geschehen soll. Und so verbreitet ist der Glaube an letztere Idee, daß die Türken jeden Freitag von 11 bis 2 Uhr sämmtliche Stadtthore schließen und unbedingt Niemand passiren lassen. So ist Jerusalem für die drei bedeutendsten Kulten des Menschengeschlechtes abwechselnd die Stadt der Trauer, der Hoffnung und der Furcht.

Digitized by Google

Die alte steinerne Brücke über den Wienfluß vor dem Kärnthnerthor in Wien,

und die an dieser Stelle nach den Plänen von L. Förster im Bau begriffene neue Brücke.

(Nebst Zeichnungen auf Blatt 608 — 609 und Seite 5.)

Architektonisch geschmückte und stabile Brücken stehen in der Reihe der wichtigsten Baudenkmale; sie sind ein Wahrzeichen gesicherter Zustände, des Reichthums und des Comforts eines Landes; deshalb mag es auffallen, daß das große, reiche und prachtliebende Wien aus ältern Zeiten kein bedeutendes Brückenbauwerk besitzt und die nothwendigsten Verbindungswege über den Wienfluß und den Wiener-Donaukanal in neueren Zeiten entweder nur durch hölzerne oder durch Kettenbrücken vermittelt sind. Dies dürfte sich hauptsächlich dadurch erklären lassen, daß Wien stets als Festung angesehen wurde und die Brückenbaumeister der letztvergangenen Jahrzehnte aus Befangenheit in den modernen Bestrebungen der Brückenbaukunst solche Konstrukzionen nicht ausgeführt haben oder aus Geldmangel nicht anwenden konnten, welche noch unsern spätern Nachkommen Nutzen und Freude gewähren dürften. In jüngster Zeit jedoch wird rüstig gearbeitet, um diese Lücken auszufüllen, und es gereicht der gegenwärtigen Gemeindeverwaltung Wiens zum großen Verdienst, indem sie drei Brücken über den Wienfluß zugleich in Ausführung bringen läßt und die Absicht hat, noch zwei andere massive Brücken über denselben Fluß zu erbauen. Unter diesen in Ausführung begriffenen drei Brücken ist die, welche das Kärnthnerthor mit der Vorstadt Wieden in Verbindung setzt, die größte und bedeutendste. Sie ist an der Stelle einer alten, einst mit Statuen von Heiligen geschmückt gewesenen Brücke erbaut worden, von der wir in der Beilage (Seite 5) eine Abbildung nach ihrem letzten Zustande mittheilen. Dieselbe dürfte schon im 13. Jahrhundert ausgeführt worden sein, da in den Akten des Magistrates aus dem Beginn des 14. Jahrhunderts ihrer Erwähnung geschieht.

In unserer Zeit waren an derselben nur 6 Oeffnungen sichtbar; vor der Regulirung der Ufer, als sich die Wien hier noch im breiten Rinnsale bewegte, hatte dieselbe jedoch 9 Oeffnungen, wovon später 3 an der Stadtseite verlegt worden sind.

Zur Zeit der Erbauung dieser Brücke muß das Bett des Wienflusses sehr seicht gewesen sein, da die Fundamente nicht tief waren. Nur die 5 gegen die Stadt zu gelegenen Pfeiler waren vor Unterwaschung durch Gußmauerwerk sicher gestellt. Als aber durch die Anbringung eines Wehres, um den Ablauf des zum Betriebe der Werkstätten der k. k. Münze im Stadtgraben erforderlichen Wassers zu erhalten, auch das Gußmauerwerk theilweise beseitigt und die drei Bogenöffnungen gegen die Stadt verschüttet wurden, mußten die Fundamente und Pfeiler bei Hochwassern bedeutend mehr leiden.

Nach der großen Ueberschwemmung im Jahre 1784 sind 3 Pfeiler derart unterwaschen worden, daß sowohl eine Senkung als auch eine vertikale Theilung derselben entstand, welchen Gebrechen die Berstung von mehreren Bogen folgte. Von den hieraus entstandenen Reparaturen leitet sich die an den Pfeilern nach mehreren Richtungen sichtbar gewesene Verankerung und die Unterwölbung der Bogen her, und von dieser Zeit an weisen die Unterkammeramtsakten fortwährende Reparaturen, theils an der Brücke selbst, theils an dem Wehre nach.

Durch die Hochwasser im Sommer 1839 ist besonders das Wehr so bedeutend beschädigt worden, daß kostspielige Ausbesserungen in Vorschlag gebracht werden mußten. Da jedoch die Genehmigung derselben auf sich warten ließ und im Jahre 1840 wiederholt eingetretene Ueberflutungen eintraten, welche den Schaden fast verzehnfacht hatten, so stellte Herr v. Czapka, damaliger Bürgermeister in Wien, die Frage auf, ob es nicht angezeigt sei, die schadhafte Brücke durch einen neuen, den Bedürfnissen der Gegenwart entsprechenden Bau zu ersetzen.

Bei den vielen hierüber gepflogenen Verhandlungen haben sich viele Stimmen gegen den Bau einer neuen Brücke ausgesprochen, namentlich aber hat der damalige Hofbaurath den ferneren Bestand der Brücke warm bevorwortet und zugleich den Antrag gestellt, die Brücke um 6 Klafter zu verbreitern, weil schon damals Vorsorge getroffen werden sollte, den fortwäh-

Digitized by Google

renden polizeilichen Anständen in Passagerücksichten durch eine so beträchtliche Erweiterung der Brücke zu begegnen.

Der Herr Bürgermeister von der Ueberzeugung geleitet daß eine solche Anordnung den Anforderungen nicht entsprechen dürfte, welche in jetziger Zeit an ein öffentliches Bauwerk mit Recht gestellt werden, hat jedoch die Idee zu einem gänzlichen Neubau gefaßt und schon im Jahre 1845 Projekte hierzu verfassen lassen, im Jahre 1846 aber noch mehrere Architekten aufgefordert, Pläne zu einer neuen steinernen Brücke zu entwerfen. Unter den vorgelegten Plänen erhielt der des Professors L. Förster die Allerhöchste Genehmigung zur Ausführung. Die dafür abgefaßten Kostenanschläge waren bereits adjustirt und das Baudevis nebst Baubedingnissen zur Verhandlung mit Bauunternehmern vorbereitet, als die Verhältnisse des Jahres 1848 eine Aenderung in der Kommunalverwaltung hervorbrachten und die Ausführung des Baues aufs Neue in Frage stellten.

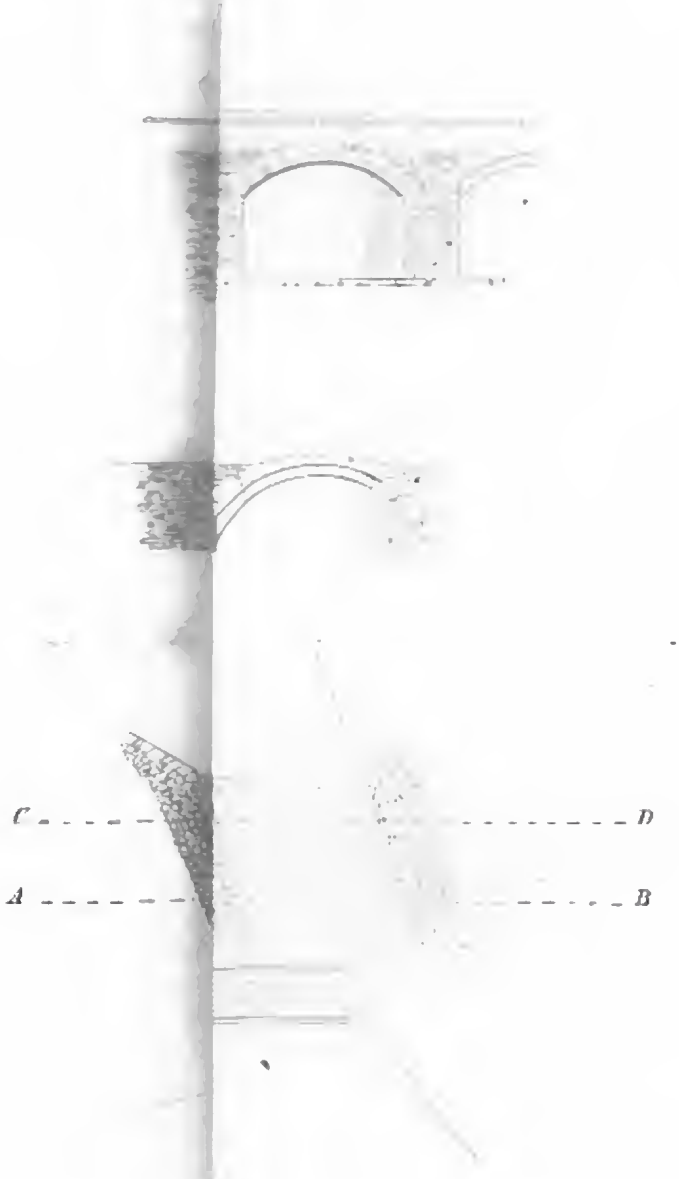
Es wurde in jener Alles umkehrenden Zeit die alte Brücke in verschiedenen Tagsblättern als non plus ultra von Solidität und Schönheit gepriesen und ein Neubau als eine arge Verschwendung dem Publikum geschildert; einige Techniker wollten auch die Allerhöchste Genehmigung des Förster'schen Planes vor dem Jahre 1848 nicht mehr gelten lassen, und der eine wollte eine Kettenbrücke, der andere eine eiserne, der dritte eine Brücke mit einem Mittelpfeiler u. s. w.; indessen stellte sich immer mehr heraus, daß auf diesem Punkte der große Wagen- und Personenverkehr eine breitere Brücke dringend fordere und daß die alte Brücke mit Erfolg nicht mehr restaurirt werden könne. Damit übrigens die Kommune bei diesem unausweichlichen Baue mit dem geringsten Kostenaufwande ihren Zweck erreiche, hat Prof. L. Förster an seinen Plänen ohne Aenderung der architektonischen Anordnung durch Zurückführung der Breite des Brückenfeldes von 12° auf 11° und der Weite der Bogenöffnungen von 8° auf 7°, dann durch den Vorschlag den Bau aus festen Kalksteinquadern und einem Gewölbe aus Ziegeln statt, wie ursprünglich beantragt war, aus Granitblöcken herzustellen, eine Kostenverminderung von 115000 fl. K. M. in Aussicht gestellt, worauf im Jahre 1849 der Gemeinderath der Stadt Wien die Demolirung der alten Brücke und die Aufführung des schon früher angenommenen Planes mit der angedeuteten Modifikazion definitiv beschloß. Beide Arbeiten wurden im Konkurrenzwege dem Bauunternehmer Hrn. Joseph Theuer und Comp. übertragen, und es wurde festgesetzt: daß der fragliche Brückenbau in Bezug auf die Form des Ganzen und auf den Zusammenhang der einzelnen Theile ganz nach dem genehmigten Plane, in Ansehung der Berechnung der qualitativen Erfordernisse aber nach dem adjustirten Ausmaße und dem zusammengesetzten Baudevis auszuführen sei, und daß die Beaufsichtigung der Leistungen der Kontrahenten in allen Beziehungen unter Intervenirung des Verfassers des Bauprojektes von dem Stadtbauamte erfolgen soll. Von diesem Amte wurde hierzu der Oberingenieur Herr Niernsee delegirt und demselben der Ingenieurassistent Herr Titze beigegeben.

Bei dem Abbrechen der alten Brücke hat Herr Niernsee dieselbe genau aufnehmen lassen und alle bemerkenswerthen Konstrukzionen und Gebrechen notirt.

Dieser Aufnahme haben wir die bildliche Darstellung des alten Bauwerkes (Seite 5) entnommen, das in der That manches Eigenthümliche enthalten hat. Dazu gehört besonders die Konstrukzion der schiefen Gewölbe, welche aus drei von Quadersteinen regelmäßig zugearbeiteten Gurtenreihen, wie aus der Zeichnung ersichtlich ist, bestanden, zwischen welchen Ausfüllungen mit unregelmäßigen Bruchsteinen und Gußmörtel das Brückengewölbe ergänzt haben. Da dieses Gußgewölbe größeren Lasten doch nicht gehörig widerstanden haben mag, so wurde dasselbe an der stromaufwärts gelegenen Hälfte mit einem 1 Fuß starken Ziegelgewölbe unterfangen, welches jedoch, wie beim Abbrechen zu sehen war, an einigen Bogen am Scheitel bis 3 Zoll vom alten Gewölbe abstand. Die Pfeiler bestanden aus einer unregelmäßigen Quaderverkleidung mit einer Ausfüllung von Gußmauerwerk und ruhten auf einem 6 Fuß starken Mörtelguß von fettem Kalk, quarzigem Flußsand und kleinen und großen Sandsteinbrocken, welcher auf eichenen unregelmäßig gestellten Piloten so aufgetragen war, daß die Köpfe derselben noch davon umhüllt wurden.

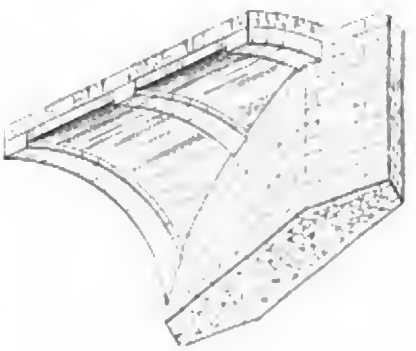
Gleich bei der Abräumung der Gewölbanschüttung wurde eine leere Spalte von 6 bis 7 Zoll Breite, die sich über 3 Brückenbogen erstreckte, wie auf beiliegender Zeichnung dargestellt ist, und eine Senkung von 9 Zoll der zwei gegen die Stadt gelegenen Pfeiler

Digitized by Google



Durchschnitt nach E

Ansicht eines Gewölbebogens mit dem Pfeiler



Allgem. Bauzeitung 1854

Digitized by Google

wahrgenommen; bei dem Abbrechen des Gußmauerwerks der Fundamente zeigte sich auch noch, daß dieselben theilweise unterwaschen waren und auf den eichenen Pfählen nahezu 2 Fuß vom Boden entfernt frei aufstanden. Es ist daher zu wundern, daß nicht schon längst die Brücke theilweise eingestürzt war, was bloß der Güte des Gußmauerwerkes, welches einen zusammenhängenden festen Körper bildete, der wie Felsen mit Pulver gesprengt werden mußte, und der soliden Ausführung der die Durchlässe und die Brust des Fundamentes umfassenden Falzbürstenwände zuzuschreiben ist.

Die Brücke wurde am 16. September 1850 abgesperrt und während des folgenden Winters theilweise abgetragen, bis am 18. Mai 1851 durch ein bedeutendes Hochwasser, welches so ungestüm war, daß es die neue gemauerte Brücke am Wasserglacis mitnahm, eine Unterbrechung dabei eintrat und die Fragen, ob denn der nach dem Förster'schen Projekt zu erbauenden Brücke nicht Aehnliches widerfahren könnte, und ob nicht doch irgend ein neuer Plan dafür zu substituiren sei, sich geltend zu machen suchten.

Nach langen und heftigen Debatten hierüber wurde im Sommer 1851 endlich doch zum Bau geschritten; man glaubte aber die Vorsicht anwenden zu müssen, daß die Fundamente um 5 Fuß tiefer gelegt würden, als im ursprünglichen Antrage bestimmt war, wodurch nur der Kostenpunkt bedeutend alterirt, dem Projekt aber keine Beeinträchtigung zugefügt wurde.

Der Bau ist gegenwärtig so weit fortgeschritten, daß die Eröffnung der Brücke im April dieses Jahres stattfinden könnte. Wir behalten uns vor, zu dieser Zeit auf eine nähere Beschreibung derselben einzugehen und theilen einstweilen auf den Blättern **608 — 609** die Zeichnungen mit, nach welchen sie ausgeführt ist.

Die Markthalle in Vöslau.

(Hierzu Blatt **610**).

In dem Badeorte Vöslau bei Wien hat der kunstsinnige Graf M. Fries eine kleine Markthalle von dem Architekten L. Förster ausführen lassen, welche auf Blatt **610** in unserm Atlas dargestellt ist.

Der Zweck dieses Gebäudes ist, die mit einer Säulenhalle in Verbindung stehenden Gemächer während der Sommermonate an Kaufleute, welche die Badegäste mit Gegenständen des Luxus und der Mode versorgen sollen, zu vermiethen und im Souterrain einen Raum zur Aufbewahrung von Obst zu gewinnen, weil die Niveauverhältnisse zwischen dem Platze des Ortes und dem großen reich mit Obstbäumen bepflanzten Schloßgarten die Anlage einer solchen leicht zu ventilirenden und trockenen Lokalität erlaubt hat. In den Pavillons sind noch kleine Wohnungen untergebracht.

Der Bau ist im Rohbau durchgeführt; die Sockel, Säulen und Gesimsdeckplatten mit den Akroterien sind von Sandstein, alle Wände von gut gebrannten gelben Ziegeln, zwischen welchen Streifen von rothen Ziegeln durchlaufen, und verfugt, die Ornamente, welche zugleich wesentliche Bestandtheile der Konstrukzion ausmachen, sind aus der Wagramer Thonwaarenfabrik.

Es war dem Architekten darum zu thun, in diesem Orte, wo noch mancher Bau in Aussicht steht, ein Beispiel einer Rohbaukonstrukzion aufzustellen, und dadurch einem organischen Bauwesen auch hier Eingang zu verschaffen.

Digitized by Google

Einige Notizen über Eisenblechdächer und über die Metalldeckungsart des Herrn Rabatel in Paris.

(Mit Zeichnungen auf Seite 11.)

Das Eisenblech hat bekanntlich für die Bedeckung der Dächer in manchen Ländern Europa's häufige Anwendung gefunden, besonders aber in Rußland, wo die Dome von Witepsk, Smolensk, Mosaisk, Moskau mit grün, roth oder schieferfarben angestrichenem Eisenblech eingedeckt sind. Mit demselben Metalle wurden auch alle militärischen Etablissements, wie das große im Jahre 1818 vom General Bétancourt erbaute Exercierhaus in St. Petersburg gedeckt.

Um diese Bedachnng vor Rost zu schützen, kannten die Russen nur das einzige Mittel, dieselbe mit Oelfarbe anzustreichen und diesen Anstrich alle acht bis zehn Jahre zu wiederholen. Bei uns hat man dasselbe gethan, jedoch die Erfahrung gemacht, daß Eisenblechdächer alle drei bis vier Jahre mit Oelfarbe angestrichen werden müssen, wenn sie einer größern Reihe von Jahren den Einflüssen der Luft und der Feuchtigkeit widerstehen sollen; überhaupt hat sich gezeigt, daß die Beschaffenheit des Klimas der westlichen und südlichen Länder Europas auf dieses Metall, wenn es der Luft ausgesetzt ist, einen sehr nachtheiligen Einfluß ausübt, und daß außerdem sehr viele Eisensorten und Blechfabrikate nicht von der Beschaffenheit sind, daß sie mit denen der nordischen Länder wetteifern könnten.

Als man um das Jahr 1838 versuchte, das Eisenblech statt des Zinkes zur Bedeckung der Gebäude in Paris einzuführen, strich man die Oberfläche desselben nicht mit irgend einer vegetabilischen Farbe an, sondern unterwarf es einer Verzinkung, als dem einzigen wirklichen Mittel, es vor der Oxydazion zu bewahren.

Das galvanisirte Eisen — so wurde das verzinkte Eisen genannt — bot also durch die Verbindung der beiden Materialien die folgenden herrlichen Vortheile, die hier mit einigen Worten wiederholt werden sollen.

Wenn zwei Metalle in Berührung kommen, so bilden sie bekanntlich eine Art galvanischer Säule, deren Wirkungen, je nach der Beschaffenheit des Metalles und der Verhältnisse, in denen sie sich befinden, mehr oder weniger wahrnehmbar sind. Es ist die Folge dieser Berührung, daß das oxydirbarste dieser beiden Metalle, indem es den Sauerstoff anzieht und absorbirt, das andere Metall negativ-elektrisch macht und es so vor der Oxydazion bewahrt. Dies ist in der That die Erscheinung, welche sich in dem verzinkten Eisen zeigt; der Zink, der oxydirbarer ist als das Eisen, absorbirt den Sauerstoff.

Nun ist es bekannt, daß der Zink beim Oxydiren nicht zerstört wird, sondern im Gegentheil dadurch eine Sicherheit gegen die völlige Zerstörung erhält, welche das Eisen und das Kupfer betrifft, wenn sie unter denselben chemischen Verbindungen zueinander stehen.

Das vollkommen mit dem Metalle adhärirende Zinkoxyd bildet eine dünne feste Rinde, welche von der Luft und der Feuchtigkeit nicht angegriffen wird, und das darunter befindliche, rein gebliebene Metall wird für immer gegen die Berührung mit dem Sauerstoff verwahrt, um so mehr, als die gut gereinigte Oberfläche des Eisenblechs, indem dasselbe in geschmolzenes Zink eingetaucht wird, eine Legirung eingeht und dadurch sehr fest haftet.

Man sieht also, daß das verzinkte Eisen die Dauer des Zinkes für sich hat, welche sich mit den Vortheilen vereinigt, den die Festigkeit, die geringe Ausdehnung und die Unverbrennlichkeit des Eisens darbieten.

Dennoch genügen diese Eigenschaften nicht, um dem Erfinder der Verzinkung des Eisens, Herrn Sorell, den vollständigen Erfolg seiner Entdeckung zu sichern. Das verzinkte Eisen konnte freilich der auflösenden Wirkung des Sauerstoffs ohne nachtheiligen Folgen Trotz bieten; dennoch ist es in anderer Beziehung verletzbar, da es von Säuren angegriffen wird. Wenn es sich bei dem verzinkten Eisen nur darum handelte, der Wirkung der flüssigen Säuren zu widerstehen, so würde die Anwendung dieses Metalles zur Bedeckung unserer Gebäude ohne Zweifel so wenig Nachtheiliges haben, daß es überflüßig wäre in der Praxis darauf zu achten; wenn aber das Dasein jener Art von Säuren in den höhern Regionen der Gebäude selten ist, so ist das doch nicht der Fall bei den gasförmigen Säuren, welche durch mancherlei Ursachen

Digitized by Google

um uns und oft ohne unser Wissen erzeugt werden. Dahin gehören z. B. die schwefelige Säure, welche die Zinkdächer, noch mehr aber die mit verzinktem Eisen bedeckten Dächer der Gasretortenhäuser, der Bahnhöfe und der Lokomotivremisen so außerordentlich angreift; ferner die sauren Gase, die aus dem Rauch des Holzes und der Steinkohle aufsteigen; die sauren Ausströmungen aus gewissen Fabriken und die brandige Holzsäure, wenn sie sich in gewissen Lokalen mit dem Wasserdampf vereinigt, welcher im Aufsteigen das Holz durchdringt, worauf die Metalltafeln liegen u. s. w.

Das zu lösende Problem ist also, das Material, welches ungeachtet jener Vervollkommnung und ungeachtet der wirklichen und großen Vortheile, die es bereits darbot, von den Baumeistern aber für manche Fälle der Anwendung verworfen wurde, unangreifbar gegen die Säuren zu machen.

Herr Rabatel glaubt diese Aufgabe gelöst zu haben und zwar durch das Verbleien des verzinkten Eisens. Auf diese Art sollte das Eisen durch das Zink, das es bedeckt, vor der Oxydazion geschützt und das Zink selbst wieder durch das Blei vor den Angriffen der Säuren sichergestellt werden.

Die Erfahrung hat aber gelehrt, daß dem Rosten des Eisens auch dadurch nicht vorgebeugt wird, und Versuche mit verzinkten, verzinnten, mit Legirungen aus Zink und Blei und aus Zink, Zinn und Blei überzogenen Eisenblechen, dann mit verzinkten Eisenblechen, welche noch mit einem Ueberzuge von Blei versehen waren — indem nämlich von jeder dieser Blechsorten ein Stück zum Theil in reines Wasser gelegt und zum Theil in freie Luft gestellt wurde, — haben gezeigt, daß nur das verzinkte Eisenblech nicht rostete, während alle andern Eisenbleche und besonders die, welche mit mehreren Metallen überzogen waren, nach Verlauf einiger Stunden zu rosten anfingen und sehr bald eine Menge Eisenoxyd bildeten. Da es also erwiesen ist, daß Eisenblech mit Metallen, die sich negativ-elektrisch gegen dasselbe verhalten, da wo Feuchtigkeit zutreten kann, nicht in Berührung kommen darf, so versteht es sich auch von selbst, daß verzinktes Eisenblech nicht gelötet werden soll, sondern zur Dachdeckung in Formen gebracht werden muß, welche eine gut schließende Deckung hervorbringen.

In dieser Beziehung verdient die Deckungsart, welche Herr Rabatel ersonnen hat, um seinem verzinkten, noch mit einem Bleiüberzug versehenen Eisenblech Eingang in der Praxis zu verschaffen, unsere Beachtung.

Wie aus der Zeichnung (Seite 11) hervorgeht, wird das Blech nach Art der Schiefertafeln in Rauten geschnitten, deren große Achse etwa 21 Zoll und die kleine Achse 16¾ Zoll mißt; die vier Seiten der Raute werden so umgebogen, daß sie übereinander greifen, so daß jede Raute an ihren vier Enden tüchtig befestiget werden kann. Nach der Länge der großen Achse läuft eine vertiefte Rinne hinab, um den Abfluß des Wassers zu erleichtern, und an dem obern Punkt der Raute endigt sich diese Rinne mit einem vorspringenden von unten herausgetriebenen Theil, welcher das Wasser aufhält, wenn es durch den Wind vielleicht bis dahin zurückgetrieben würde.

Die Rauten müssen gleichzeitig sehr sorgfältig auf der Verlattung befestiget werden und — was eine unausbleibliche Bedingung ist, um ihre Dauer zu sichern — man muß ihnen so viel Spielraum lassen, daß sie sich ungehindert ausdehnen und zusammenziehen können, was man auf folgende Art erreicht: Für jede Raute gibt es nur einen einzigen Befestigungspunkt, nämlich den einzigen Nagel, durch den die Raute mit ihrer oberen Spitze an das Latteuwerk befestiget wird. Die Solidität der Arbeit besteht übrigens hauptsächlich in den sehr gut erdachten Ueberfalzungen, durch welche alle Theile eines Daches zu einem festen Ganzen verbunden werden.

Der Quadratmeter dieser Bedachung wiegt 3½ bis 4 Kilogramm; das Gewicht des Schiefers für dieselbe Fläche beträgt 17 bis 20 Kilogr. Es ist begreiflich, daß diese außerordentliche Leichtigkeit in Verbindung mit der geringen Neigung des Daches (10 bis 12 Centimeter) (⅛ bis ¹⁄₁₀) die Verminderung der Dachsparren auf ein Minimum des Maßes gestattet, dessen die Sparren bedürfen, um sich selbst zu tragen.

Der Anblick des Daches ist ein sehr angenehmer, was für die Architektur von großer Wichtigkeit ist.

Der Quadratmeter dieser Bedachung wird von Herrn Rabatel für 5 Francs hergestellt.

Digitized by Google

Gußeiserne Chausseewalze mit Wasserfüllung.

(Nebst Zeichnungen auf Seite 13).

Da die massiven Chausseewalzen für den Transport an Ort und Stelle und zurück in das Baumagazin zu schwer sind, so lag wohl der Gedanke nicht fern, einen gußeisernen Cylinder zu konstruiren, der so eingerichtet ist, daß er erst da gefüllt zu werden braucht, wo man ihn verwenden will. In Oberschlesien sahen wir im vergangenen Jahre die auf Seite 13 abgebildete Chausseewalze, welche sowohl mit Sand als auch mit Wasser, wenn es an ersterem gebricht, und mit letzterm um so vortheilhafter gefüllt werden kann, weil durch das Schwanken des Wassers, wenn der Cylinder nicht ganz voll ist, ein lebhafter und folglich wirksamerer Druck hervorgebracht wird. Eine solche Chausseewalze kostet, bis zur Bespannung hergerichtet, beiläufig 480 Thaler preuß. Court.; ihr Gewicht beträgt 76 Ctr. 19½ Pfund und zwar:

	Ctr.	Pfund.
1 Chausseewalzenkörper	51	—
2 Verschlußscheiben zu demselben . .	14	30
1 Fahrlochdeckel	—	72
2 Lager	—	30
1 geschmiedete Welle	1	40
8 „ Keile dazu	—	4
65 Schrauben mit Muttern zu den Verschlußscheiben	—	74
8 Setzschrauben zu dem Fahrlochdeckel	—	4
Latus	68	34

	Ctr.	Pfund.
Transport	68	34
1 desgl. zum Fülloch (A Seite 13) .	—	3
2 Dichtungsringe zu den Verschlußscheiben	—	10
1 desgl. zum Fahrlochdeckel . . .	—	1
1 Zuggatter, bestehend aus zwei Seitenschienen, 2 Verbindungsschienen, 2 Lagereinfassungen, 2 Deichselmuffen, 2 Deichselklammern	5	58
1 Reinigungsvorrichtung (B) mit 2 Stellschrauben und 9 Verbindungsschrauben, mit Muttern und Scheiben zum Besenhalter	1	57½
28 Verbindungsschrauben mit Muttern und Scheiben daran	—	25
4 Lagerdeckelschrauben mit Muttern und Scheiben	—	7
2 Setzschrauben in die Schmierlöcher .	—	1
4 Verbindungsschrauben mit Muttern und Scheiben zu den Deichselklammern .	—	6
2 doppelte Schraubenschlüssel . . .	—	8
2 Paar metallene Lager	—	30
Summe	76	19½

Ferner gehören noch dazu: 1 hölzerne Deichsel, 1 geschmiedete Deichselkappe mit Haken und eingeschweißtem Ring, und endlich ein Waagehaken.

Reinigung von Straßenkanälen auf mechanischem Wege.

Hr. Blaydes in Liverpool hat eine neue Methode zur Reinigung von Abzugskanälen bekannt gemacht, welche sich bei einem Versuch als vollkommen zweckmäßig bewährt hat. Sie besteht darin, daß an je einem Kanalloche ein Krahn aufgestellt wird, mit deren Hilfe in der zwischen liegenden Strecke eine Kette hin und herbewegt werden kann, wodurch sich der Schlamm auflockert. Eimer, welche an der Kette befestigt sind, ziehen den Schlamm des Kanals auf, und dieser wird endlich mit Bürsten gereinigt. Am besten eignet sich diese Methode für solche Kanäle, in denen sich ein Mensch nicht bewegen kann, und da wohl die Mehrzahl derselben zu dieser Klasse gehört, so dürfte dies Reinigungssystem um so mehr Beachtung verdienen als dabei eilf Mann in dem dritten Theile eines Tages einen Kanal reinigen, der auf die gewöhnliche Art drei Mann zehn Tage beschäftigen würde.

Digitized by Google

Fig. 1

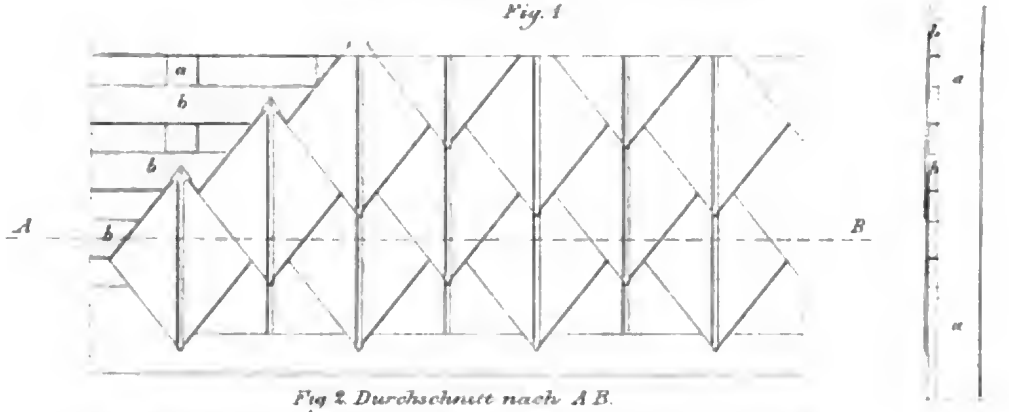
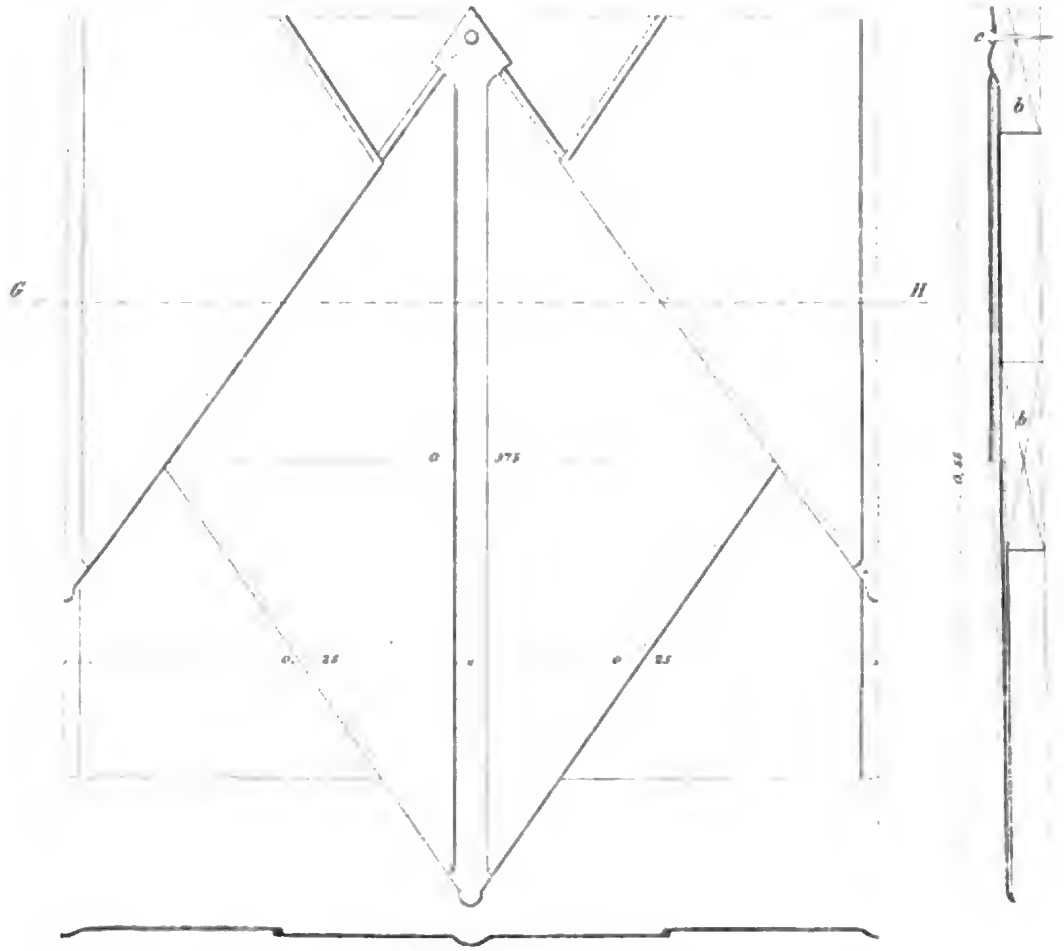


Fig 2. Durchschnitt nach A B.

Fig. 3



Durchschnitt nach G H

Digitized by Google

Fig. 1. Seitenansicht.

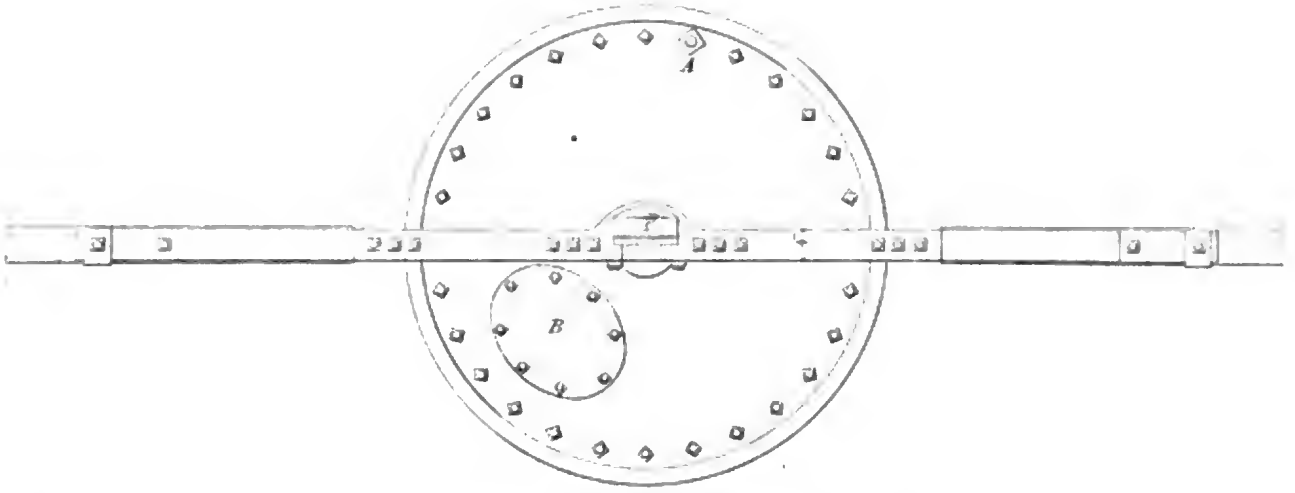


Fig. Durchschnitt.

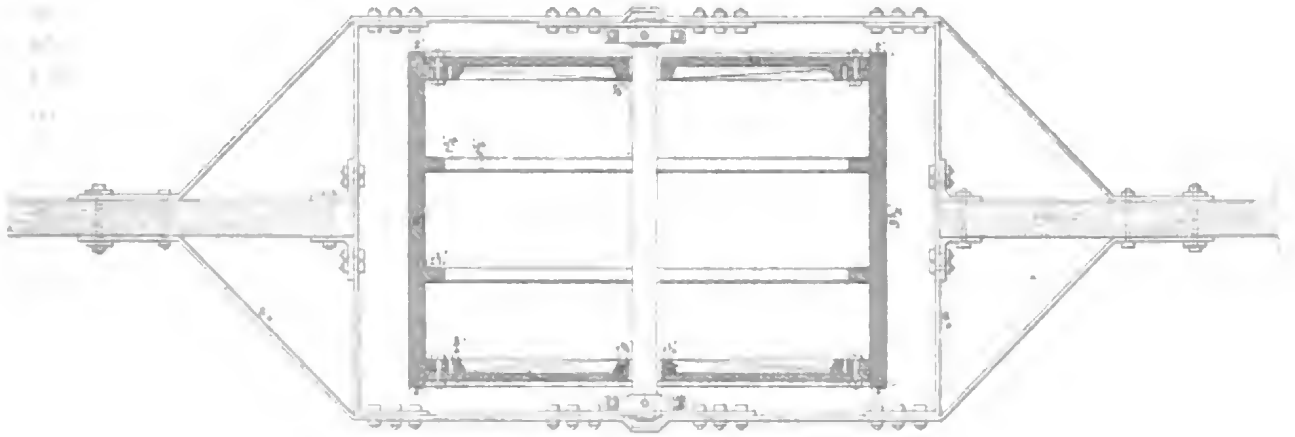
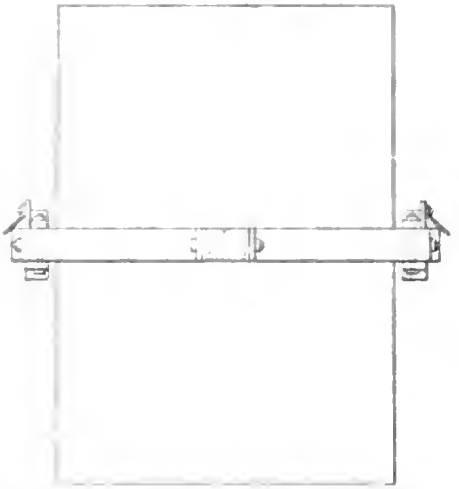


Fig. 3. Ansicht.



Digitized by Google

Die neueſten Erfahrungen in Betreff der Heizung und Ventilazion öffentlicher Gebäude, welche in den Jahren 1843 bis 1853 in Frankreich gemacht wurden.

(Mit Zeichnungen auf Blatt **611—613.**)

Unſer civiliſirter Zuſtand bietet, wenn wir ihn nur von der materiellen Seite betrachten, ſonderbare Anomalien dar. Der Dampf, die Eiſenbahnen, der elektriſche Telegraph haben die Thätigkeit der Induſtrie, des Handels unendlich gehoben; unſere ſubjektive Privateriſtenz dagegen hat noch lange keine ſolchen Fortſchritte gemacht. Auf dem Lande wie in den Städten ſind die Wohnungen größtentheils im Sommer warm, im Winter kalt, ſchlecht mit Licht und namentlich zu jeder Jahreszeit ſchlecht mit friſcher Luft verſorgt. Auf dem Lande ſind zwar dieſe Uebelſtände nicht ſo bedeutend, weil der Landbewohner nicht in dem Grade auf ſein Haus angewieſen iſt wie der Städter; dieſer dagegen benöthigt bei ſeinem häuslichen Leben eine Maſſe von Einrichtungen, die man indeſſen faſt nie zuſammen findet. Alle Wohngemächer eines Hauſes ſollen hinreichend große Fenſter haben, denn das Licht iſt eine weſentliche Bedingung zur Geſundheit; die Höhe der Fenſter ſoll $7^1/_2$ Fuß bis 8 Fuß betragen, denn ſonſt wird die Luft eines geſchloſſenen Gemaches, außer bei einer ganz beſonderen Ventilazion, in kurzer Zeit irreſpirabel; jedes Gemach ſoll eine ökonomiſche von Zimmer aus zu bewirkende Feuerſtelle beſitzen, und die Heizung ſoll mit einer Ventilazion verbunden ſein, ſo daß die Luft beſtändig erneuert wird; getrennt von der Heizung ſoll auch für den Sommer eine hinreichende Ventilazion beſtehen; eine beſonders wirkſame und kräftige Ventilazion ſoll die Abtritte von ihrem üblen Geruche befreien, ſo daß weder in den Zimmern noch auf den Treppen die geringſte Spur eines ſolchen Geruches bemerkbar wird; das Treppenhaus ſoll gut verſchloſſen, es ſoll im Winter geheizt, in der Nacht erleuchtet und ſtets durchlüftet werden; gutes Waſſer ſoll in alle Etagen vertheilt ſein; die Abzugskanäle ſollen täglich durch Subſtanzen deseinficirt werden, welche den Fäkalmaſſen allen Geruch benehmen, ſo daß durch die Ventilazion kein deletärer Stoff in der Luft verbreitet werden kann. Man denke ſich nun ein Haus, welches auf dieſe Weiſe geſundheitsgemäß eingerichtet iſt, und vergleiche es mit den Häuſern wie ſie jetzt beſtehen.

Die Nothwendigkeit der Ventilazion beſteht überall; noch dringender aber wird ſie bei öffentlichen oder Privatanſtalten, wo viele Individuen zuſammengehäuft ſind. Die Werkſtätten, Schulen, Sitzungsſäle, Kirchen, Spitäler, Kaſernen, Gefängniſſe, Theater müſſen vor allem vollkommene Einrichtungen erhalten, damit allen üblen Folgen vorgebeugt wird. Peelet in ſeinem großen Werke hat der Heizung und Ventilirung öffentlicher Gebäude ein beſonderes ſehr intereſſantes Kapitel gewidmet, aus welchem deutlich hervorgeht, wie man vor zehn Jahren in dieſem Punkte noch zurück war. Ueberall, ſagt er bei Gelegenheit der Erziehungsanſtalten, überall ſind die Schlafſäle ungeſund; ſie ſind entweder zu klein oder müſſen eine zu große Anzahl von Schlafſtellen faſſen. Der Aufenthalt der Kinder in den Schlafſälen beträgt mindeſtens ſieben Stunden, folglich müßte alsdann ein jedes Bett, im Falle keine Ventilazion beſtände, 42 Kilometer Raum um ſich haben; wäre alſo der Schlafſaal 3 Meter hoch, ſo müßten auf 14 Quadratmeter Fläche ein Bett kommen; auf einem ſolchen Raume aber ſtehen in der Regel drei und vier Betten. Oft ſind die Schlafſäle viel niedriger als 3 Meter und die Betten berühren ſich beinahe. Wie klein aber auch die Schlafſäle ſind und wie eng die Betten zuſammen ſtehen mögen, durch eine ſchickliche Ventilazion laſſen ſich alle nachtheiligen Folgen beſeitigen. Die Realſchulen und die Säle der Kinderbewahranſtalten ſind häufig ungeſund wegen der Feuchtigkeit des Bodens oder wegen der ſchlechten Einrichtung der Abtritte; die allgemeinſte Urſache aber liegt in der fehlenden Ventilazion, um ſo mehr, da in dieſen Sälen faſt alle Kinder zuſammen ſitzen, welche nur Platz darin haben, und da jene in der Regel niedrig ſind. Kaum ſind die Kinder eine Stunde lang verſammelt, ſo herrſcht in den Sälen ſchon ein unerträglicher Geruch. Nothwendigerweiſe muß die Geſundheit der Kinder und Lehrer bei einem längeren und ſo oft wiederkehrenden

Digitized by Google

Aufenthalte in einer durch die Reſpirazion und die Unreinlichkeit der Kinder verpeſteten Luft leiden. Die hinreichende Lüftung ſolcher Säle iſt alſo eine Sache der größten Wichtigkeit für alle diejenigen, die unter irgend einem Titel mit der Leitung oder Aufſicht ſolcher Schüler und Anſtalten betraut ſind. Unter allen Anſtalten erfordern aber die Spitäler am meiſten gute Heizungs- und Lüftungsſyſteme, und doch hat man ſich bis jetzt noch ſo wenig mit dieſer wichtigen Frage beſchäftigt. Man baut die Säle recht hoch, macht von Zeit zu Zeit die Fenſter auf, und glaubt alsdann Alles gethan zu haben. Dem iſt aber nicht ſo. Im geſunden Zuſtande braucht ein Menſch mehr als 150 Kubikmeter Luft in einem Tage. In Spitälern muß aber die Lufterneuerung aus tauſend Gründen eine viel beträchtlichere ſein. Wenn man bedenkt, wie ſchädlich auf die Kranken die ſtagnirende Luft einwirken muß, die durch die Reſpirazion, die Tranſpirazion, durch Emanazionen aller Art, durch den Auswurf der Kranken u. ſ. w. verdorben iſt, ſo kann man nicht daran zweifeln, daß die eigenthümlichen Spitalkrankheiten, der beſondere Charakter mancher Affekzionen und die ſo häufige Langſamkeit der Heilung ihren Grund in dem Mangel eines regelmäßigen Ventilazionsſyſtems haben. Kaum läßt ſich begreifen, daß dieſer für das Wohlverhalten der Kranken ſo verderbliche Umſtand ſo lange dauern und ſo wenig die Aufmerkſamkeit der Aerzte und Spitalverwalter hat erregen können.

Aus allem dieſen geht die große Wichtigkeit der zweckmäßigen Heiz- und Ventilazionsapparate hervor, und es können nie Erfahrungen genug gemacht werden, welche auf die größere Vervollkommnung und allgemeine Anwendung dieſer Anlagen hinzielen. In Frankreich hat man ſich ſeit einem Jahrzehend beſonders mit dieſem Gegenſtande beſchäftigt, und vorzüglich iſt es der Profeſſor Peclet, dem man in dieſer Beziehung viel verdankt und deſſen neueſte Erfahrungen in nachſtehender Abhandlung enthalten ſind.

Allgemeine Bemerkungen über die verſchiedenen Heiz- und Ventilazionsmethoden.

Heizung. — Nehmen wir zuvörderſt an, daß es ſich nur um eine Heizung handle, d. h. einen geſchloſſenen Raum auf einer gewiſſen Temperatur zu erhalten. Dazu wird es wahrſcheinlich hinreichend ſein dem Raum eine Wärmemenge zu liefern, welche derjenigen gleich iſt, die durch Fenſter und Mauern entweicht, wenn die Mauern vorher ſchon durch kürzere oder längere Heizung zu einem permanenten Zuſtand gebracht worden ſind. Wenn die Mauern in jedem Augenblicke in dem Zuſtande ſich befänden, welcher mit der äußern Temperatur übereinſtimmt, ſo würde die zu liefernde Wärmemenge jeden Augenblick variiren; da ſie aber viel Hitze aufgenommen haben, wenn ſie erwärmt wurden, ſo könnten die gelieferte Wärme und die äußere Temperatur innerhalb ſehr ausgedehnter Grenzen und während einer ſehr langen Zeit je nach der Beſchaffenheit und Stärke der Mauern variiren, ohne daß die innere Temperatur merkliche Veränderungen erlitte. Vorausgeſetzt alſo, daß die die Wärme fortpflanzenden Apparate eine hinreichende Größe beſitzen, kann das Feuer derſelben ſtets ſo unterhalten werden, daß eine beinahe konſtante Wärme erzeugt wird.

Die zur Erhaltung eines gewiſſen Zuſtandes erforderliche Wärme kann durch Ausſtrahlung oder durch warme Luft oder durch die Verbindung beider hervorgebracht werden. In unſern häuslichen Feuerungen geſchieht dies bloß durch Ausſtrahlung der Wärme; dieſe wird beinahe nur durch den Kontakt der Luft erzeugt, wenn die entweder direkt oder durch warmes Waſſer oder durch Dampf erwärmten Flächen von glattem Metall gebildet ſind und wenn ſie ſich im Innern der Gemächer befinden. Dieſe Wärme entſteht nur durch die heiße Luft, wenn die Heizflächen ganz außerhalb der Räume ſind. Sie entſteht endlich beinahe gleichzeitig aus der Strahlung und aus der Berührung der Luft, wenn die im Innern befindlichen Heizflächen aus Gußeiſen oder nicht glattem Blech beſtehen.

Da die ſtrahlende Wärme die Eigenſchaft hat die Luft zu durchſtreichen, ohne merkliche Verluſte zu erleiden, wenn ein Raum bloß durch Strahlung erwärmt wird, ſo werden ſich die Strahlen durch die Fenſter und Mauern verlieren, ein Theil der von den Mauern aufgenommenen Wärme wird die Luft erwärmen, es werden ſich aufſteigende Strömungen an ihren Flächen und entgegengeſetzte Strömungen im Innern bilden. Bei dieſer Heizungsmethode, welche wir gewöhnlich in

Digitized by Google

unſern Wohnungen haben, erreicht die Luft niemals eine höhere Temperatur, um ſo weniger, als ſich immer eine große Ventilazion und ſelten Luft erzeugt, die ſchon durch einen Theil der Rauchwärme des Feuers erwärmt wurde.

Wenn ein Gemach durch einen warmen Luftſtrom erwärmt wird, ſo nimmt dieſe Luft den obern Theil ein, indem ſie ſich ſchnell abkühlt; es bilden ſich fallende Strömungen längs den Mauern, die ſie erwärmen und ihren Zuſtand konſerviren, und die innere Luft kann auf eine beſtändige Temperatur gebracht werden.

Hiernach iſt der Vorgang leicht vorauszuſehen, welcher eintritt, wenn die Heizung gleichzeitig durch Strahlung und Fortpflanzung der Wärme durch die Luft ſtattfindet. In Nachfolgendem iſt angenommen worden, daß die Temperatur des Gemaches ſtets auf einer gewiſſen Höhe erhalten werden müſſe. Nur bei den Hoſpitälern iſt es nothwendig, daß Tag und Nacht eine gleichmäßige Temperatur in den Sälen herrſche, was durch eine beſtändige Unterhaltung des Feuers oder bei einer Unterbrechung der Nachtheizung durch Warmwaſſerreſervoirs, welche ſich langſam abkühlen, erreicht werden muß. Vorausgeſetzt aber, daß die Mauern eine hinreichende Stärke haben, wird die Wärme, die ſie enthalten, beinahe immer hinreichend ſein, die Temperatur in der Nacht ohne beträchtliche Verminderung zu erhalten. Ueberhaupt ſind die Nachtheizungen unnütz bei hinreichenden Mauerſtärken eines Gebäudes, und man kann beinahe immer am Morgen die in der Nacht ſtattgefundene Verminderung der Temperatur durch eine kräftige Heizung in weniger Zeit wieder erſetzen. Haben die Mauern nur eine geringe Stärke, wie bei manchen Fabriken, ſo kühlen ſie ſich in der Nacht bedeutend ab, doch laſſen ſie ſich bald wieder erwärmen, wenn man die Heizung einige Zeit vor der Ankunft der Arbeiter beginnt. Wenn die Gebäude ſtarke Mauern haben, und die Räume darin werden nur an gewiſſen Tagen und in gewiſſen Stunden benützt, ſo würden die Koſten bedeutend ſein, wollte man in denſelben ein beſtändiges Regime in der Temperatur der Mauern aufrecht erhalten, oder es wenigſtens vollkommen wiederherſtellen, wenn die Gemächer gebraucht werden ſollen. Es müſſen dann bei einer ſehr kräftigen Heizung von mehreren Stunden die Mauern theilweiſe erwärmt und ihre geringe Temperatur durch eine größere Erwärmung der Luft während des Bewohnens der Räume kompenſirt werden. In jedem Falle wird mit Ausnahme der häuslichen Feuerungen die durch das Feuer entwickelte Wärme dazu angewendet, die Flächen zu erwärmen, welche dann die Hitze fortpflanzen; dieſe Flächen können entweder direkt oder durch Dampf oder warmes Waſſer erhitzt werden, woraus eine große Verſchiedenheit in der Beſchaffenheit und Anordnung der Apparate entſteht. Jede Heizungsmethode hat ihre Vortheile und ihre Nachtheile, und außerdem beſtehen in jedem zu heizenden Gebäude eigene Verhältniſſe und auf ganz verſchiedene Art zu erfüllende Bedingungen. Es exiſtirt folglich keine Heizungsmethode, welche in allen möglichen Fällen vorzüglicher ſei als die übrigen.

Unter manchen Verhältniſſen, wenn z. B. die zu erwärmenden Räume nahe beieinander liegen und beſonders wenn es ſich um die Oekonomie bei den erſten Herſtellungskoſten handelt, ſind es die Wärmeluftöfen, welche andern Feuerungen vorzuziehen ſind. Wenn etwas daran gelegen iſt, daß die Temperatur nur wenige Veränderungen erleidet, wenn nur wenige Räume ſind und dieſe nicht von der Stelle entfernt liegen, wo der Ofen aufgeſtellt werden ſoll, ſo iſt es zweckmäßig, die Dampf- oder Warmwaſſerheizung zu verwenden. Wenn die zu durchziehenden Entfernungen bedeutend ſind, ſo iſt die Dampf- oder Warmwaſſerheizung mit Röhren, deren Reſervoirs vom Dampf erwärmt werden, vorzuziehen, weil die Cirkulazionsgeſchwindigkeit des warmen Waſſers ſich nach Maßgabe, als die Länge des Laufes größer wird, vermindert und weil die Wärmeverluſte durch dieſe Röhren, welche immer einen großen Durchmeſſer haben, ſehr bedeutend ſind. Iſt aber die Zahl der zu heizenden Pieçen groß und ſind ſie von der Feuerung entfernt, ſo hat wegen der Leichtigkeit die Wärme zu vertheilen und wegen der geringen Abkühlung, welche die Leitungsröhren in Folge ihres geringen Durchmeſſers erleiden, eine Heizung mit Dampf allein, oder mit Dampf und Waſſer ohne Cirkulazion den Vorzug.

Man hat bisher geglaubt, daß, wenn es ſich um die beſtändige tägliche und nächtliche Erhaltung einer Temperatur in einem Raume handelt, nur Warmwaſſerheizungen wegen der großen Wärmemenge, die in der cirkulirenden Waſſermaſſe enthalten iſt, angewendet werden könnten, deren ſehr langſame Abkühlung die Temperatur ungeachtet der Unterbrechung des Feuers in

Digitized by Google

der Nacht erhält. Wenn aber die Mauern des Gebäudes eine große Stärke haben und das Regime iſt hergeſtellt, ſo enthalten ſie eine Wärmemenge, welche ungleich größer iſt als die der Warmwaſſerröhren, und tragen in viel größerem Maße zur Erhaltung der Temperatur bei, wie aus den Verſuchen hervorgeht, die deshalb und beſonders in der Kirche St. Roch angeſtellt wurden, worüber wir ſpäter berichten werden, und aus denen man erſehen wird, mit welcher Langſamkeit die innere Temperatur nach dem Aufhören des Feuers abnimmt. Die Warmwaſſerheizungen ſind in der That nur dann nöthig, wenn ſie Tag und Nacht die zur Ventilazion dienende Luft auf eine beinahe konſtante Temperatur bringen ſollen und wenn die Heizung in der Nacht unterbrochen werden muß, und ſelbſt in dieſem Fall würden von Dampf erwärmte Warmwaſſeröfen die Warmwaſſercirkulazionsheizungen ohne Nachtheil erſetzen.

In einem ſpätern Aufſatze werden wir übrigens die Formeln angeben, vermittelſt welcher man die Heizflächen mit hinreichender Annäherung zu berechnen im Stande iſt. —

Ventilazion. — Was die Ventilazion betrifft, ſo ſind die Mittel zu ihrer Erzeugung minder zahlreich, denn man kann ſie nur durch den Zug eines Schornſteins oder durch eine Maſchine hervorbringen. In jedem Falle muß die Ventilazionsluft durch Heizungen mit zweckmäßiger Temperatur herbeigeführt werden. Wenn das erwärmte Luftquantum bedeutend iſt, ſo kann die Wärme, welche durch die Fenſter und Mauern entweicht, durch einen Ueberſchuß der Temperatur der warmen Luft geliefert werden, welche in den Saal eindringt; iſt aber das Ventilazionsluftquantum nicht ſehr groß, ſo müßte ſeine Temperatur manchmal auf einen zu hohen Grad gebracht werden, und alsdann iſt es vortheilhaft, die Transmiſſionswärme der Wände durch Ausſtrahlung von Oefen zu liefern, die man durch Rauch, Dampf oder warmes Waſſer heizt.

Ventilazion durch eine Zugeſſe. — Eine Zugeſſe iſt ein vertikaler an beiden Enden offener Kanal, der an ſeinem untern Theile mit dem Raum in Verbindung ſteht, aus welchem die Luft genommen und in welchem ſie erwärmt wird. Wird der mit der Atmoſphäre durch die Oeffnung, welche die äußere Luft in den Ofen führt, in Verbindung ſtehende Raum geheizt und ventilirt, ſo entſteht die Bewegung der Luft aus der ſteigenden Kraft der heißen Luft von der erwähnten Oeffnung bis zu dem Ende des Schornſteins. In jenem Theile des Jahres, in welchem die Luft nicht erwärmt wird und die innere Temperatur gegen die äußere wenig differirt, entſteht die Wirkung des Schornſteins nur aus dem Ueberſchuß der Temperatur, welche die Luft darin annimmt. Im Winter entſteht die ſteigende Kraft der Luft in dem Schornſtein von der höhern Temperatur der Luft, welche darin ſtrömt, gegen die äußere Luft; folglich muß die Luft darin, um dieſelbe Wirkung hervorzubringen, weniger erwärmt werden. Dies iſt ſo wahr, daß wenn man die Luft in der Zugeſſe gar nicht erwärmte, dieſe immer noch eine kräftige Wirkung erzeugen würde, welche darin ihre Urſache hat, daß die innere Temperatur höher iſt als die äußere; eine durch die Erfahrung hinreichend beſtätigte Thatſache. Es muß alſo im Sommer die Luft in den Zugeſſen am meiſten erwärmt werden, damit der Zug derſelbe bleibe; und folglich müſſen alle einzelnen Umſtände, welche den Zug einer Eſſe betreffen, in Hinſicht auf die Ventilazion im Sommer beſtimmt werden.

Betrachten wir eine Eſſe, die an ihrem unteren Theil atmoſphäriſche Luft durch längere oder kürzere Kanäle einzieht, ſo können wir uns nicht verhehlen, daß dieſe Wirkung, die in dem Ueberwiegen der Temperatur der Eſſe über die der äußeren Luft begründet iſt, eine von unten nach oben wirkende konſtante Kraft bildet, die mit dem Ueberwiegen der Temperatur der Eſſe und mit ihrer Höhe wächſt. Dieſe Kraft abet kann niemals ihre ganze Wirkſamkeit entfalten, weil ſich die Luft in der Eſſe und in dem ganzen Kanal, den ſie von der Oeffnung an, welche die äußere Luft eindringen läßt, verläuft, beſtändig reiben muß, und namentlich weil ſie durch die wechſelnden Dimenſionen des Querſchnitts und die plötzlichen Veränderungen der Richtung vielfachen Widerſtand erleidet. Mit anderen Worten: die wirkliche Thätigkeit einer Zugeſſe iſt gleich ihrer normalen Thätigkeit weniger dem den Reibungen und dem plötzlichen Wechſel in der Geſchwindigkeit und der Richtung entſprechenden Werthe.

Unterſuchen wir zuerſt, welchen Einfluß Höhe und Widerſtand ausüben. Wie immer auch die Länge und der Wechſel der Querſchnitte eines Kanals ſein mögen und welche Krümmungen derſelbe auch haben mag,

Digitized by Google

immer läßt ſich der Widerſtand, den die Luft bei dem Durchſtreichen erfährt, darſtellen durch den eines geradlinigen Kanals, der mit der Eſſe einerlei Durchſchnitt und eine gewiſſe Länge hat. Betrachten wir jetzt der Reihe nach Eſſen von 1 Quadratmeter Durchſchnitt mit einer Luftſäule von 30° bei 0° äußerer Luft und 5, 10, 15, 20, 25, 30 Meter Höhe, und nehmen wir an, die Luft werde durch einen Kanal von 1 Quadratmeter Durchſchnitt und 0, 10, 20, 40, 60, 100, 200 Meter Länge eingezogen. Nimmt man den Reibungskoefficient zu 0,00125 an, wie er ſich aus den zahlreichen Verſuchen Daubuſſon's und Gerard's über das Strömen der kalten Luft in langen Leitungsröhren ergibt, ſo erhält man auf dem Wege der Berechnung folgende Reſultate *). Die erſten Zahlen entſprechen offenbar dem Fall, wo die äußere Luft unmittelbar in die Eſſe eingezogen wird.

Höhe 5 Meter; theoretiſche Geſchwindigkeit 2m 95; 2m 79; 2m 52; 2m 32; 2m 04; 1m 83; 1m 57; 1m 20.

Höhe 10 Meter; theoretiſche Geſchwindigkeit 4m 18; 3m 74; 3m 42; 3m 17; 2m 80; 2m 53; 2m 17; 1m 68.

Höhe 15 Meter; theoretiſche Geſchwindigkeit 5m 12; 4m 37; 4m 02; 3m 75; 3m 33; 3m 03; 2m 61; 2m 22.

Höhe 20 Meter; theoretiſche Geſchwindigkeit 5m 91; 4m 84; 4m 48; 4m 19; 3m 76; 3m 43; 2m 97; 2m 33.

Höhe 25 Meter; theoretiſche Geſchwindigkeit 6m 60; 5m 20; 4m 84; 4m 55; 4m 15; 3m 76; 3m 27; 2m 59.

Höhe 30 Meter; theoretiſche Geſchwindigkeit 7m 24; 5m 49; 3m 14; 4m 85; 4m 60; 4m 20; 3m 64; 2m 86.

Da der gemeinſchaftliche Durchſchnitt der Eſſen 1 Meter iſt, ſo ſtellen dieſe Zahlen die eingezogenen Volumina kalter Luft dar; ſie zeigen, daß der Zug einer Eſſe mit ihrer Höhe und ihre Wirkſamkeit mit dem zu beſiegenden Widerſtand wächſt. Betrachten wir z. B. die beiden Eſſen von 30 und 15 Meter Höhe: ziehen ſie die äußere Luft direkt ein, ſo iſt die Einziehungsgeſchwindigkeit 5,49 und 4,37; das Verhältniß beider Zahlen iſt alſo 1,25; ziehen ſie aber die Luft durch einen Kanal von 200 Metern an ſich, ſo iſt die Geſchwindigkeit 2,86 und 2,22, das Verhältniß alſo 1,29.

Da alſo die Höhe einer Eſſe für den Zug ſehr wichtig iſt und nur die Erbauungskoſten, keineswegs aber tägliche Auslagen erfordert, ſo muß man den Zugeſſen immer eine ſo große Höhe als möglich geben.

Gehen wir über zu dem Einfluſſe der Temperatur. Hier müſſen wir vor allem im Auge behalten, daß bei einer und derſelben Eſſe das Verhältniß der wirklichen zur theoretiſchen Zugsgeſchwindigkeit eine konſtante Zahl iſt, die nur von den Dimenſionen der Eſſe und von denen des Kanals, der die Luft zuleitet, abhängt, und die von dem Ueberwiegen der Temperatur der Luft in der Eſſe durchaus unabhängig iſt; folglich iſt bei allen Eſſen der Einfluß der Temperaturveränderungen derſelbe *). Man findet aber, daß bei einem Ueberwiegen der Temperaur von

10°, 20°, 30°, 40°, 50°, 60°, 70°, 80°, 90°, 100°, 200°, 300°, 400°, 500°

die Geſchwindigkeit, mit der die kalte Luft eindringt, proporzional iſt den Zahlen

3,05; 4,17; 4,93; 5,51; 5,98; 6,35; 6,66; 6,92; 7,13; 7,33; 8,17; 8,27; 8,13; 7,92.

Dieſe Zahlen wachſen ſehr langſam und über 300° nehmen ſie ab. Dies erklärt ſich leicht. Die Ausſtrömungsgeſchwindigkeit der warmen Luft durch das obere Ende der Eſſe wächſt mit dem Ueberwiegen der Tem-

*) Bezeichnen wir mit v die Geſchwindigkeit, mit der die Luft in die Eſſe dringen würde, wenn keine Reibung ſtattfände, mit v^1 die wirkliche Geſchwindigkeit ihres Eindringens, mit H die Höhe der Eſſe, mit L die Länge des Kanals, mit D ſeinen Durchmeſſer und mit K den Reibungskoefficient, ſo haben wir

$$\frac{v^2}{2g} = \frac{v^{1^2}}{2g} + \frac{(H+L)\,K\,v^{1^2}}{D}; \text{ woraus } v^{1^2} = \frac{v^2\,D}{D+2g(H+L)K} \quad (a),$$

und da $v^2 = 2gHat : (1+at)^2$, wo t das Ueberwiegen der Temperatur der Luft in der Eſſe über die des Kanals ausdrückt, ſo iſt

$$v^1 = \frac{1}{1+at}\sqrt{\frac{2gHDat}{D+2g(H+L)K}} \quad \ldots \quad (b).$$

*) Die obige Formel (a) gibt

$$\frac{v^1}{v} = \sqrt{\frac{D}{D+2g(H+L)K}}.$$

Mithin iſt das Verhältniß zwiſchen wirklicher und theoretiſcher Geſchwindigkeit ein konſtantes und unabhängig von dem Temperaturübergewicht der Luft. Die Formel (b) gibt

$$v = M\sqrt{\frac{t}{(1+at)^2}} = M\,\frac{\sqrt{t}}{1+at};$$

hier iſt M eine konſtante Zahl bei einer und derſelben Eſſe. Berechnet man alſo die Werthe von $\sqrt{t} : (1+at)$ für verſchiedene Werthe von t, ſo erhält man Zahlen, die den wirklichen und theoretiſchen Geſchwindigkeiten des Einſtrömens der Luft im Verhältniß zu dieſen Temperaturübergewichten proporzional ſind.

Digitized by Google

peratur und proporzional der Quadratwurzel dieſes Ueberwiegens; mithin wächſt das Volum warmer Luft, das in der Sekunde ausſtrömt, konſtant mit der Temperatur; dieſe Luft aber dehnt ſich immer mehr und mehr aus, und um das Volum der kalten Luft, die in die Eſſe eindringt, daraus abzuleiten, muß man das Volum der warmen Luft durch eine Zahl dividiren, die um ſo größer iſt, je mehr die Temperatur überwiegend wird; folglich wächſt das eindringende Volum kalter Luft mit der Temperaturerhöhung weniger ſchnell als das Volum der ausſtrömenden warmen Luft; und da bei einer geringen Temperaturveränderung die Ausſtrömungsgeſchwindigkeit der warmen Luft weniger ſchnell wächſt als die Zahl, mit welcher ſie dividirt werden muß, damit man das entſprechende Volum kalter Luft erhält, ſo folgt, daß über eine gewiſſe Temperatur hinaus das Volum der kalten Luft abnimmt.

Aus den angeführten Zahlen erhellt, daß ſich die Wirkſamkeit einer Zugeſſe nur durch eine ſehr bedeutende Temperaturvergrößerung erhöhen läßt. Betrachten wir z. B. eine Eſſe mit einer Luftſäule von 30° bei 0° äußerer Temperatur, ſo müßte, um ihre Wirkſamkeit nur um die Hälfte zu erhöhen, die Geſchwindigkeit im Verhältniß 4,93 zu 4,93 . $\sqrt{2}$ oder 4,93 zu 7,39 vergrößert werden; folglich müßte die Temperatur über 200° betragen. Unmöglich wäre es, die Geſchwindigkeit zu verdoppeln, denn bei ungefähr 300° tritt das Maximum ein, und alsdann wäre dieſe Geſchwindigkeit nur gleich 1,67 derjenigen, welche bei 30° beſteht.

Aus dem Vorſtehenden folgt ferner, daß, wenn eine Eſſe von 30 Meter Höhe eine Luftſäule mit einem Temperaturübergewicht von 30° einſchließt, Eſſen von demſelben Durchſchnitt und unter den nämlichen Umſtänden, deren Höhe 25, 20, 15, 10 Meter beträgt, Luftſäulen von ungefähr 35, 43, 60, 95 Graden einſchließen müſſen, um eine gleiche Wirkſamkeit zu zeigen. Bei einer Eſſe von 5 Meter Höhe wäre die Sache unmöglich.

In dem Vorhergehenden iſt angenommen worden, die Eſſe habe denſelben Durchſchnitt wie der Kanal, der die Luft zuleitet, oder ihr Durchſchnitt ſei gleich der Summe aller in ſie einmündenden Kanäle, im Falle deren mehrere vorhanden ſind. Gäbe man der Eſſe einen größeren Durchſchnitt, ſo würde eine Vermehrung des Zuges die Folge davon ſein, wie es Peclet in einer beträchtlichen Anzahl in einem großen Maßſtabe angeſtellter Verſuche bewieſen hat; eine ſolche Verbeſſerung des Zuges ließe ſich hierdurch eben ſo wie durch eine größere Höhe der Eſſe mit ſehr geringen Baukoſten erreichen.

Dieſe allgemeinen Principien, welche bisher angegeben worden ſind, zeigen, in welchen Verhältniſſen größere Zugeſſen ausgeführt werden müſſen.

Vor Allem müſſen ſie eine große Höhe haben, 15 bis 20 Meter und ſelbſt mehr, falls ihr Durchſchnitt ſehr beträchtlich wäre. Sie müſſen aus Ziegeln erbaut ſein, damit ſich die Luft nicht abkühlen kann, und namentlich damit die große Menge des in den Ziegeln eingeſchloſſenen Wärmeſtoffs ungeachtet der Veränderungen in der Thätigkeit des Heerdes die Temperatur der Luft beſtändig auf gleichem Grade erhalte und ſelbſt die Ventilazion während der Pauſen im Heizen (die indeſſen nicht zu lange dauern dürfen), wenn auch in etwas geringerem Grade, unterhalte.

Gibt man einer Eſſe von einer beſtimmten Höhe einen etwas größeren Durchſchnitt, ſo kann man mit einem geringeren Temperaturübergewicht dasſelbe Volum kalter Luft eindringen laſſen; die Ventilazion wäre ſonach mit ſehr wenig Brennſtoff zu erzielen. In dem Maße aber als das Temperaturübergewicht geringer würde, würde ſich auch bei Vergrößerung des Eſſendurchſchnitts die Ausſtrömungsgeſchwindigkeit vermindern; alsdann erhielten die Winde einen bedeutenden Einfluß auf den Zug, und unter gewiſſen Umſtänden könnte die Eſſe eine entgegengeſetzte Wirkung hervorbringen. Es gibt alſo in der Ausſtrömungsgeſchwindigkeit eine Grenze, unter welche es nicht rathſam iſt hinabzugehen. Ziemlich allgemein nimmt man für Eſſen von 15 bis 20 Meter ein Temperaturübergewicht von 30° über die Temperatur der äußern Luft an; dieſes Uebergewicht erzeugt alsdann eine hinreichende Geſchwindigkeit zur Vermeidung atmoſphäriſcher Einflüſſe.

Sollen die Eſſe und der Kanal, der die kalte Luft hinzuleitet, überall den nämlichen Durchſchnitt haben, ſo ließe ſich, wenn man das Temperaturübergewicht der Luft in der Eſſe und die Länge des Kanals kennt, der gemeinſchaftliche Durchſchnitt der Eſſe und des Kanals ſehr leicht beſtimmen, ſo daß das in der Sekunde einziehende Luftvolum genau das gegebene iſt; die hierzu anzuſtellenden Berechnungen, die auf zahlreichen in großem Maßſtabe angeſtellten Verſuchen baſirt ſind, würden

Digitized by Google

vollkommen zuverläſſig ſein. Aber in den zu ventilirenden Räumen ſind die Bewegungen der Luft ganz anders komplicirt; der Kanal, den die Luft von ſeinem Anfang an bis zur Eſſe durchläuft, variirt in ſeinem Durchſchnitt ſehr bedeutend, oft ganz plötzlich und ſelbſt ſehr oft; zuweilen geht die Luft durch Löcher in dünnen Scheidewänden; endlich kommen bei den Kanälen häufig plötzliche Veränderungen in der Richtung vor. Mithin iſt es unmöglich, auch nur annäherungsweiſe den Durchſchnitt zu berechnen, den eine Zugeſſe erhalten muß, damit ſie eine gegebene Wirkung hervorbringe; man muß der Eſſe alsdann einen überſchüſſigen Durchſchnitt geben und ihren Zug durch ein paſſendes Regiſter reguliren. Der Ort, wo das Regiſter angebracht werden müßte, wäre durch anemometriſche Verſuche zu ermitteln. Hierbei könnte man durch Oeffnen des Regiſters und durch ſtärkeres Heizen die Ventilazion beträchtlich erhöhen, was nicht wohl anginge, wenn die ganze Wirkung auf dem Heerde beruhte. Alsdann müßte man weniger Ungewißheit über den genauen der Eſſe zu gebenden Durchſchnitt als vielmehr nur noch über die Vergrößerung der Wirkung hegen, welche unter excepzionellen Umſtänden erzielt würde, wenn das Regiſter vollſtändig offen wäre. Es muß hier bemerkt werden, daß wenn man den Durchſchnitt der Eſſe genau berechnen kann, dieſe immer einen größeren Durchſchnitt erhalten muß, damit erforderlichen Falls eine kräftigere Ventilazion eingeleitet werden könnte; auch müßte ſelbſt dann der Zug durch ein Regiſter regulirt werden, welches in der Regel dieſelbe Stelle behielte.

Bei Zugeſſen, in welche die Luft erſt nach Zurücklegung eines ſehr langen Umweges eintritt, müßte man annehmen, daß die wirkliche Einſtrömungsgeſchwindigkeit der Luft in die Eſſe nahezu 0,25 oder 0,30 der theoretiſchen Geſchwindigkeit beträgt (wir nennen „theoretiſche Geſchwindigkeit“ immer diejenige, welche ſtattfindet, wenn kein Widerſtand zugegen wäre), und ungefähr 0,40, wenn der Umweg kürzer wäre, vorausgeſetzt, daß der kleinſte Durchſchnitt eines ſolchen Kanals den Durchſchnitt der Eſſe überſchritte. Dieſe Eſſen hätten alsdann einen Ueberſchuß an Kraft, der erforderlichen Falls wohl zu verwerthen wäre. Dieſe Zahlen baſiren ſich auf Verſuche mit mehreren großen Zugeſſen.

Nehmen wir z. B. an, es handle ſich um eine Ventilazion von 12,000 Kubikmeter Luft in der Stunde durch eine Zugeſſe von 15 Meter Höhe. Die Ventilazion wird alſo pro Sekunde 3^m 33 ausmachen. Nehmen wir ein Temperaturübergewicht von 30° an, ſo wird die theoretiſche Einſtrömungsgeſchwindigkeit nahezu an 5 Meter betragen; reduciren wir dieſe auf 0,4, ſo erhalten wir 2 Meter, und der Durchſchnitt der Eſſe wäre 1^m 60; der Ueberſchuß beträge ein Drittel, und in Ausnahmsfällen ließe ſich die Ventilazion mehr als verzweifachen. Soll eine Eſſe von 30 Meter Höhe durch einen ſehr langen Kanal 30,000 Kubikmeter Luft pro Stunde oder 8^m 33 pro Sekunde einziehen, ſo wäre die theoretiſche Geſchwindigkeit 7^m 24; rechnet man nun ein Viertel von 1^m 81, ſo wäre der Durchſchnitt 4^m 6, und im Allgemeinen hätte man einen Ueberſchuß an Ventilazion von nahezu einem Drittel, der in der Regel durch das Regiſter aufgehoben würde.

Nehmen wir für die wirkliche Geſchwindigkeit einen kleineren Bruch der theoretiſchen, ſo hätte man offenbar einen größeren Ueberſchuß an Ventilazion in Reſerve, der ſich erforderlichen Falls verwerthen ließe; aber in dieſem Falle müßte das Regiſter nothwendig an dem oberen Theile der Eſſe angebracht werden, damit die Ausſtrömungsgeſchwindigkeit immer groß genug wäre, um atmoſphäriſchen Einflüſſen Widerſtand leiſten zu können.

Unterſuchen wir jetzt die Einrichtung des Heerdes.

Der Heerd muß ſo eingerichtet ſein, daß die Einſtrömungsöffnungen der Luft ſämmtlich oberhalb des Roſtes münden, diejenige ausgenommen, welche den Heerd verſähe. In der That, wenn die Oeffnungen in den Aſchenfall münden und das Brennmaterial auf einem großen Roſte ausgebreitet iſt, ſo wird der freie Durchſchnitt mehr oder weniger reducirt und folglich könnte bei ſtärkerem Heizen der Zug vermindert werden; dieſer könnte ſogar auf 20 Kubikmeter pro Kilogramm Steinkohlen reducirt werden, wenn der Roſt den ganzen Durchſchnitt der Eſſe einnähme und wenn er mit Brennmaterial vollſtändig bedeckt wäre, denn in dieſem Falle verhielte ſich der Heerd wie eine gewöhnliche Feuerſtelle. Iſt dagegen das Brennmaterial auf einem kleinen Roſt aufgehäuft, ſo vermiſcht ſich der aufſteigende Strom warmer Luft erſt in einer mehr oder weniger beträchtlichen Höhe mit der eingezogenen Luft, und hierdurch entſteht eine Verminderung des Zugs; hätte die Eſſe im Verhältniß zu ihrem Durchſchnitte keine ſehr bedeutende Höhe, ſo könnte

Digitized by Google

ſogar die Luft durch die Spitze der Eſſe eingezogen werden, wodurch ihr Eindringen durch den unteren Theil gänzlich verhindert würde. Die beſte Einrichtung beſteht darin, daß man den Heerd neben der Eſſe anbringt, und daß man die bei der Verbrennung ſich bildenden Gaſe durch einen runden, horizontalen, zur Eſſe koncentriſchen und von mehreren gleich weit entfernten Löchern durchbohrten Kanal leitet; die eingezogene Luft ſpeiſt alsdann den Heerd, die Eſſe ſtrömt nur Ventilazionsluft aus, die warme Luft nimmt gleichmäßig den ganzen Durchſchnitt ein und der Zug iſt an allen Punkten vollkommen gleichförmig. Dieſe Einrichtung beſteht im Gefängniß Mazas.

Wir haben jetzt nur noch über die Art und Weiſe zu ſprechen, wie die Feuerſtelle geleitet werden muß. Zuvor aber wollen wir die Koſten berechnen, welche eine direkte Heizung der Luft erfordert, und wollen uns zu dieſem Zwecke eines beſonderen Beiſpieles bedienen. Nehmen wir alſo an, es handle ſich um einen großen Saal, der beſtändig auf 15° erhalten wird und der 12000 Kubimeter Luft ſtündlich aufnimmt; die Eſſe ſoll ein Temperaturübergewicht von 30° über die äußere Luft haben. Die mittlere Temperatur der fünf Wintermonate zu 7° und die Luft des Saals zu 15° angenommen, muß die Luft der Eſſe im Durchſchnitt eine Temperaturerhöhung von 22° im Winter erhalten; folglich muß die Summe der Einheiten ſtündlich konſumirter Wärme 12000. 1,3. 22 : 4 = 85800 Einheiten betragen, was nahezu 12Kil. 25 Steinkohlen entſpricht. Im Sommer, wo wir annehmen, daß die Saaltemperatur von der der äußeren Luft nicht merklich differirt, iſt die Summe der konſumirten Wärme 12000. 1,3. 30 : 4 = 117000 Einheiten, was 16Kil. 7 Kohlen erfordert. Nimmt man an, der Saal ſei nur ſechs Stunden täglich beſetzt und berechnet man die Kohlen zu 3 Francs pro 100Kil., ſo würde die Ventilazion im Winter 2 Francs 20 Cent. und im Sommer nahezu 3 Francs koſten.

Würden im Winter konſtant 12 bis 13Kil. Kohlen pro Stunde in der Zugeſſe verbrannt, welche Bedingung leicht zu erfüllen wäre, ſo würde der Zug wachſen, wenn die äußere Temperatur ſinkt, und umgekehrt. Aber dieſe Variazionen wären ſehr ſchwach, denn bei einem Ueberſchuß von 20°, 30° und 40° würde der Zug der Eſſe im Verhältniß der Zahlen 4,17, 4,93, 5,5, variiren. Die Ventilazion im Sommer wäre bei einer regelmäßigen Verbrennung von 16 bis 17Kil. Kohlen pro Stunde faſt ganz konſtant, vorausgeſetzt, daß die Luft des Saales nur wenig von der äußeren Temperatur differirte.

Wenn man behufs der Erſparung an Brennſtoff im Winter in der Zugeſſe eine kurze gußeiſerne Röhre anbrächte, die den Rauch des Ofens abführte, ſo ließe ſich ein gewiſſer Theil der verlorenen Wärme verwerthen; aber es könnte alsdann auch der Fall ſein, daß die Ventilazion bald zu ſtark, bald zu ſchwach wäre. Sie müßte nothwendig veränderlich ſein, weil die Konſumzion von Brennſtoff im Ofen mit der äußeren Temperatur variirt. Es iſt ſogar bemerkenswerth, daß die Konſumzion von Brennmaterial im Ofen und die beim Heizen der Luft der Eſſe zum Zwecke einer konſtanten Ventilazion erforderliche Konſumzion einander gerade entgegengeſetzt ſind, und zwar wegen der Temperaturveränderungen der äußeren Luft. In der That, ſinkt die äußere Temperatur, ſo muß die Konſumzion an Brennſtoff im Ofen ſteigen, damit die innere Temperatur auf demſelben Grade erhalten wird, während diejenige der Zugeſſe eine geringere werden muß, weil das Temperaturübergewicht der Luft in der Eſſe über die äußere Luft ſtets konſtant bleiben muß. Die fragliche Erſparung ließe ſich nur durch ein fixes Inſtrument erreichen, welches in jedem Augenblick den Zuſtand der Ventilazion angäbe, und durch einen Heerd, deſſen Wirkung ſich nach Willkühr reguliren ließe. Durch ein Regiſter im unteren Theil der Eſſe ließe ſich die Ventilazion vermindern, wenn ſie zu ſtark wäre, und durch ein Regiſter vor dem Aſchenfall ließe ſich die Thätigkeit des Heerdes herabſetzen.

Ein ſolches Inſtrument, welches jeden Augenblick den Zuſtand der Ventilazion angibt, iſt durchaus unentbehrlich, man mag nun einen Theil der durch den Ofen verloren gehenden Wärme benutzen oder nicht; es dient nicht nur dem Heizer zur Richtſchnur, ſondern iſt auch eine permanente Kontrole der Ventilazion.

Die Ausſtrömungsgeſchwindigkeit der Luft in einer Eſſe könnte jeden Augenblick durch einen Druckanemometer angegeben werden, der in der Eſſe angebracht wäre und einen Zeiger in Bewegung ſetzte, welcher in einem Kreiſe herumliefe; an deſſen Peripherie wären die Volums der ausgetriebenen Luft angegeben, wie ſie

Digitized by Google

jeder Stellung des Zeigers entſprächen. Dieſe Apparate müßten nach Flügel-Anemometern graduirt ſein. Sie laſſen ſich auf ſehr verſchiedene Arten einrichten.

Die von Sagey in dem Gefängniſſe von Tours (ſiehe weiter unten) getroffene Einrichtung läßt ſich zweckmäßig nachahmen. Sie beſteht in einem Stock, der um eine horizontale auf ſeiner Richtung ſenkrechte Achſe beweglich iſt, und der an dem Ende, welches ſich in der Eſſe befindet, eine horizontale Platte, an ſeinem anderen Ende aber ein kleines Laufgewicht hat, deſſen Stellung ſich dergeſtalt reguliren läßt, daß der Stock unter dem Einfluſſe des Luftſtromes horizontal bleibt. Durch anemometriſche Verſuche ließen ſich die Stellungen des Laufgewichts beſtimmen, wie ſie den verſchiedenen Geſchwindigkeiten der Luft in der Eſſe und namentlich der erforderlichen Geſchwindigkeit entſprechen. Bei dieſer Art des Apparats wäre indeß jedesmal, wenn man die Ventilazion meſſen wollte, eine Operazion erforderlich; bequemer wäre es, die Ventilazion durch die Neigung des Stockes zu meſſen. Zweckmäßiger ließe ſich der Apparat folgendermaßen modificiren. Die Platte wird durch einen hohlen Cylinder mit geſchloſſenen Enden erſetzt, deſſen horizontale Achſe zum Stock ſenkrecht und deſſen Oberfläche mit einer Menge kleiner Platten von geringer Höhe und gleicher Länge in Ebenen liegen, die durch die Achſe des Cylinders gehen; hierdurch wird der Druck der Luft auf den Cylinder größer, als wenn dieſer nackt wäre, und er muß gleich bleiben, wie immer auch die Neigung des Stockes ſein mag. An der anderen Seite der Rotazionsachſe wird ein Gegengewicht dergeſtalt an den Stock befeſtigt, daß der Schwerpunkt des Apparats auf der Achſe ruht Damit das Inſtrument ein ſtetiges Gleichgewicht habe und man ſeine Empfindlichkeit reguliren kann, bringt man in einer zum beweglichen Stocke vertikalen Ebene auf jeder Seite der Rotazionsachſe zwei kleinere Stöcke an, die in einen andern zum mobilen Stock ſenkrechten Stock auslaufen; dieſer letztere hat einen Schraubengang und iſt mit einer kleinen Schraubenmutter verſehen, deren Stellung die Empfindlichkeit des Inſtruments angibt.

Auch ließe ſich die Drehungskraft zur Bewegung des Ventilazionszeigers anwenden; der Apparat wäre indeſſen komplicirter als der eben beſchriebene.

Wie ſchon erwähnt, müßte die Graduirung ſolcher Inſtrumente an Ort und Stelle durch Verſuche geſchehen, indem man die Ausſtrömungsgeſchwindigkeit der Luft durch Flügelanemometer mißt; man brauchte nur die Stellung des Zeigers zu beſtimmen, wie ſie der normalen und einer gewiſſen Anzahl größerer oder kleinerer Geſchwindigkeiten entſpräche.

Nun noch einige Worte über gewiſſe gebräuchliche, aber offenbar fehlerhafte Heizungsmethoden. Man kann die Ventilazion durch die Feuerſtelle des Ofens bewerkſtelligen, indem man dem Roſt eine große Fläche gibt und dieſe nur zum Theil mit Brennſtoff bedeckt. Dieſe Methode taugt durchaus nichts. Der Nutzeffekt des Brennmaterials zur Heizung des Ofens wird bedeutend vermindert, weil die den Feuerraum verlaſſende warme Luft eine niedrigere Temperatur hat, als wenn der Roſt ganz mit Brennmaterial bedeckt wäre und nur das zur Verbrennung erforderliche Volum Luft in den Feuerraum gelangte. Ueberdies koſtete die Ventilazion bei weitem mehr Brennſtoff als bei einem beſonderen Heerde, weil die Luft mit einer ſehr hohen Temperatur in die Eſſe gelangte. Nehmen wir z. B. an, man ziehe 200 Kubikmeter Luft auf jedes Kilogramm verbrannter Kohle in den Aſchenfall, d. h. 200 . 1 Kil. 3 = 260 Kil., ſo wird von den durch die Verbrennung erzeugten 7500 Einheiten Wärme ein kleiner Theil durch Ausſtrahlung in die dem Feuerraum zunächſt liegenden Flächen des Ofens dringen, und der Reſt wird ſich auf die 260 Kil. Luft vertheilen; ließe man die durch dieſes Ausſtrahlen erzeugte Wärme unberückſichtigt, da man 260 : 4 = 65 Einheiten Wärme braucht, um die Luftmaſſe um einen Grad zu erwärmen, ſo ſtiege ſie auf 7500 : 65 = 115°. Hätte dieſe Luft eine niedrigere Temperatur und würde der Ofen durch Waſſer oder durch Dampf geheizt, ſo würde das heiße Waſſer oder der Dampf, wenn ihre Temperatur 100 Grad betrüge, die Luft noch mehr erwärmen und ſie würde ſich erſt abkühlen, wenn ihre Temperatur viel über 100 Grad wäre. Mithin iſt dieſe Ventilazionsmethode ein gutes Mittel, um die Wärme, die in den Ofen geht, zu vermindern oder aufzuheben und ſelbſt diejenige, die ſich daſelbſt bereits angeſammelt hat, zu vermindern, und um die Temperatur der Ventilazionsluft in der Eſſe unnützer Weiſe zu erhöhen. Ueberdies kann weder die Ventilazion noch die Heizung, wenn ſie von einem und demſelben Heerde ausgehen, regulirt werden, weil beide ganz verſchiedene Quantitäten Wärme erheiſchen, die mit der äußeren Temperatur in gerade umgekehrten Verhältniſſen variiren. Kurz bei dieſer Me-

Digitized by Google

thode weiß man weder in Bezug auf die Heizung noch in Bezug auf die Ventilazion, woran man iſt. Der Zug durch einen Wärmeofen kann nur dann von Vortheil ſein, wenn die Zugluft das zur Verbrennung erforderliche Volum, d. h 18 bis 20 Kubikmeter pro Kilogramm Kohle nicht überſteigt; dieſe Ventilazion iſt aber im Vergleich zu derjenigen, die erzielt werden ſoll, ſehr klein. Hierbei macht ſich noch ein bedeutender Uebelſtand geltend; indem die Wirkung der Zugeſſe und des Feuerraums gleichzeitig dahin geht, die Luft, die ſich in demſelben Raume befindet, auszudehnen, müſſen ſie ſich geradezu entgegen ſtreben; die Wirkung beider wird geringer und der Zug der Eſſe ein ſchwächerer ſein. Ueberdies läßt ſich leicht einſehen, daß die in den Feuerraum des Ofens gezogene Luft bereits alle Cirkulazionskanäle des Ofens und außerdem noch den Raum durchlaufen, in welchem ſie ſich zur Luftverbeſſerung zerſtreut hat; ein Widerſtand, den die Eſſe des Ofens überwinden muß, eine Verminderung des Zuges, oft eine ſchlechte Verbrennung ſind die natürliche Folge davon; und das Alles wegen einer unbedeutenden Erſparung. Man erſpart in der That bei jedem Kilogramm Kohle in der Eſſe die Erhitzung von 20 Kubikmeter Luft zu höchſtens 20° im Winter, alſo 130 Einheiten oder 0,02 der von einem Kil. Kohle erzeugten Wärme. Eine ſolche Oekonomie iſt illuſoriſch; denn die mit dem nämlichen Gewichte Kohlen auf demſelben Roſte und unter denſelben Umſtänden hervorgebrachten Wirkungen variiren in viel größerem Maße je nach der Geſchicklichkeit des Heizers. Wir haben uns bei der Ventilazion durch Wärmeöfen vielleicht etwas zu lange verweilt; wir hielten es aber für unſere Pflicht, weil ſo viele Ventilazionsapparate nach dieſem Principe eingerichtet ſind und weil mehrere behaupten, dieſe Ventilazion verurſache gar keine Koſten; eine ſonderbare Behauptung, die man von Perſonen vernimmt, denen zwar im Uebrigen Urtheil nicht abzuſprechen iſt, die ſich aber hierin von dem Scheine täuſchen laſſen.

Man iſt im erſten Augenblicke zur Annahme geneigt, daß es in Hinſicht auf die Regelmäßigkeit der Ventilazion von Vortheil ſei, die Luft vor ihrem Eintritte in die Eſſe durch einen Warmwaſſerofen zu heizen; die kleinen Veränderungen in der Intenſität des Feuers würden alsdann durch die Maſſe des eirkulirenden Waſſers vermindert; aber wie aus den Verſuchen in Mazas und Provins deutlich hervorgeht, ſo hat die in dem Mauerwerk der Eſſe eingeſchloſſene Wärmemenge ganz dieſelbe Wirkung. Eine ſolche Methode wäre alsdann nur von Uebelſtänden begleitet, die Konſumzion an Brennmaterial wäre größer und die Koſten der erſten Einrichtung wären total verloren. Unter gewiſſen Umſtänden muß man ſich indeſſen dieſer Methode bedienen, wenn nämlich die Zugeſſen von den Feuerräumen der Oefen weit entfernt ſind, wenn ſie z. B. von den Dachräumen der Gebäude ausgehen, und man entweder wegen der Schwierigkeit der Beaufſichtigung oder aus Furcht vor Feuersbrünſten keine Heerde unter den Zugeſſen anlegen kann. In dem Amphitheater des Konſervatoriums zu Paris aber beſteht eine Heizungsmethode, deren Motiv geradezu unbegreiflich iſt; zuerſt wird nämlich die Luft dadurch erhitzt, daß ſie einen Kanal durchläuft, der eine Röhre mit heißem Waſſer enthält, und darauf ſtreicht ſie noch durch einen Feuerraum

Wie oben die Rede war, hat man auch die Ventilazionsluft durch eine ſehr lange in der Zugeſſe befindliche Cirkulazionsröhre mit heißem Waſſer erhitzen wollen. Dieſe Methode iſt durchaus fehlerhaft, denn ein großer Theil der Wärme bleibt für den Zug ganz bedeutungslos. In der That, die in der Eſſe im Kontakt mit der Heißwaſſerröhre aufſteigende Luft erhitzt ſich allmählig, und da der Zug einer Eſſe von der mittleren Temperatur ihrer Luft ausgeht und die Konſumzion von Wärmeſtoff von der Temperatur der Luft bei ihrem Ausſtrömen abhängt, ſo muß dieſe Heizungsmethode offenbar einen bedeutenden Verluſt an Wärme bedingen. Gelangte z. B. die Luft mit 15° in die Eſſe und würde daſelbſt bis zu 60° erhitzt (bei 0° äußerer Temperatur), ſo wäre der Zug derſelbe, wie wenn die Luft von unten bis oben 45° hätte, und die zur Erwärmung der Luft auf 60° erforderliche Wärme wäre verſchwendet. Dieſe Methode ließe ſich nur rechtfertigen, wenn es unmöglich wäre, unter der Eſſe einen Heerd anzubringen und die Luft vor ihrem Eintritte in die Eſſe zu erwärmen.

Bei allen dieſen Methoden, die Zugluft zu heizen, muß die Quelle der Wärme, welche ſie auch immer ſein mag, offenbar für die Ventilazion im Sommer, welche mehr Wärme erfordert als die in den anderen Jahreszeiten, ausreichen können.

Mechaniſche Ventilazion. — Wir wollen verſuchen, die Quantitäten an Brennmaterial zu beſtimmen, wie ſie eine Eſſe und eine dieſelbe Wirkung hervor-

Digitized by Google

bringende Maschine erheischt. Zuerst ist aber zu bemerken, daß die Zugkraft einer Esse jeden Widerstand, den die Luft in ihrem ganzen Laufe von der Einströmungsöffnung an bis zur Spitze der Esse erleiden kann, überwinden muß, und daß diese Widerstände dieselben bleiben, wenn bei nicht geheizter Esse die Luft mittelst einer Maschine in den Kanal getrieben wird. Mithin muß die Leistung der Maschine der der Esse gleich sein.

Größerer Deutlichkeit halber wollen wir eine Esse von 15 Meter Höhe und 1 Quadratmeter Durchschnitt betrachten, die bei 0° äußerer Luft der Reihe nach Luft von 20°, 30°, 40°, 50°, 100°, 200°, 300°, 400° enthält, und mit Abstrakzion jeder Art von Widerstand nur die absolute Triebkraft zu ermitteln suchen.

Die Ausströmungsgeschwindigkeiten der warmen Luft aus der Spitze der Esse sind [1]):

4^m63; 5^m67; 6^m35; 7^m33; 10^m36; 14^m65; 17^m95; 20^m73.

Die Einströmungsgeschwindigkeiten der kalten Luft im unteren Theile der Esse sind [2]):

4^m32; 5^m11; 5^m72; 6^m20; 7^m59; 8^m47; 8^m57; 8^m43.

Durch diese Zahlen werden die pro Sekunde eindringenden Volumen Luft ausgedrückt, da die Esse 1 Quadratmeter Durchschnitt hat; die Gewichte dieser Volumina erhält man, wenn man diese mit 1 Kil. 3, dem Gewichte eines Kubikmeters Luft, multiplicirt; die Gewichte sind also:

5 Kil. 61; 6 Kil. 65; 7 Kil. 43; 8 Kil. 06; 9 Kil. 87; 11 Kil. 01; 11 Kil. 14; 10 Kil. 95.

Da die Leistung gleich ist $pv^2 : 2g$, wo p das Gewicht des Gases, v seine Geschwindigkeit, und 2g die Zahl 19,62 bezeichnet, so wird sie repräsentirt durch die Zahlen 5 Kilogrammeter 34; 8 Km. 87; 1 Km. 39; 15 Km. 77; 28 Km. 99; 40 Km. 27; 41 Km. 70; 39 Km. 64 . (a).

Die hierzu erforderliche Wärmemenge erhält man, wenn man das Gewicht der pro Sekunde einströmenden Luft mit der Temperaturerhöhung und mit der Wärmecapacität der Luft, die nahezu gleich 0,25 ist, multiplicirt. Es ergeben sich also folgende Quantitäten verlorner Wärme in Wärmeeinheiten, die wir mit c bezeichnen:

28° 07; 49° 87; 74° 35; 100° 71; 246° 72; 550° 60; 835° 50; 1095° 40 . . . . (b).

Dividirt man jede dieser Zahlen (b) mit den entsprechenden Zahlen (a), die die Thätigkeit ausdrücken, so erhält man den Preis eines Kilogrammeters in Wärmeeinheiten, also:

5° 26; 5° 62; 6° 00; 6° 38; 8° 51; 13° 67; 20° 05; 27° 63 . . . . . (c).

Suchen wir jetzt, was ein Kilogrammeter bei einer Dampfmaschine kostet. Nehmen wir an, eine Pferdekraft erfordere 4 Kil. Kohlen pro Stunde oder 7500. 4 = 30 000 Wärmeeinheiten, so wäre dies pro Sekunde 30 000 : 3600 = 8,333, und da eine Pferdekraft 75 Kilogrammetern entspricht, so kostet 1 Km. 8,333 : 75 = 0,11. Dividirt man die Zahlen (c) durch 0, 11, so sind die Quozienten offenbar die Zahlen, welche das Verhältniß der Arbeit einer Maschine und einer Esse, die dieselbe Quantität Brennmaterial konsumiren, ausdrücken. Hätte die Esse eine Höhe H, so erhielte man das zu findende Verhältniß für diese Esse, wenn man die Zahlen, die der Esse von 15^m entsprechen, mit 15 : H multiplicirte. In der folgenden Tabelle findet man die Werthe dieser Verhältnisse für Essen von 5^m, 10^m, 15^m, 20^m, 25^m, 30^m und bei Temperaturübergewichten von 20°, 30°, 40°, 50°, 100°, 200°, 300°, 400°.

$H = 5^m$	143	153	164	174	232	373	547	753
$H = 10^m$	71	76	82	87	116	186	273	376
$H = 15^m$	48	51	54	58	77	124	182	251
$H = 20^m$	35	38	41	43	58	93	136	188
$H = 25^m$	28	30	33	35	46	74	109	150
$H = 30^m$	24	25	27	29	38	62	91	125 [1]).

[1]) Die Formel der Geschwindigkeit ist $v = \sqrt{2ghat}$; also im vorliegenden Falle: $v = \sqrt{19{,}62.15.0{,}00365t} = \sqrt{1{,}0742t}$.

[2]) Diese Zahlen erhält man offenbar, wenn man die vorigen durch 1 + 0,00365.t dividirt.

(1) Die Einströmungsgeschwindigkeit der kalten Luft in die Esse wird durch die Formel gegeben: $v^2 = 2g\,Hat : (1 + at)^2$; die Arbeit also wird ausgedrückt durch

$$\frac{2g\,Hatp}{(1+at)^2\,2g} = \frac{Hatp}{(1+at)^2} \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

In diesem Ausdruck ist das Gewicht p gleich, s. — v 1 Kil. 3.

Die Leistung der nämlichen Quantität Wärme bei einer Maschine wird ausgedrückt durch pt : 4.0,11 = 2,27 pt, und folglich ist das Verhältniß beider Leistungen

$$\frac{2{,}27\,(1+at)^2}{aH} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2).$$

Aus der Formel (1) geht hervor, daß die Leistung einer Esse proporzional ist ihrer Höhe, und aus der Formel (2), daß das durch sie ausgedrückte Verhältniß umgekehrt zur Höhe variirt und langsam mit der Temperatur zunimmt.

Digitized by Google

Dieſe Zahlen ſetzen voraus, daß bei der Arbeit der Dampfmaſchine kein Verluſt ſtattgefunden hat; dies iſt aber nie der Fall, denn ein Ventilator mit Centrifugalkraft, die einfachſte und bequemſte Maſchine, die ſich anwenden läßt, leiſtet nur 0,33 der wirklich konſumirten Arbeit; mithin müßten die obigen Zahlen durch 3 dividirt werden, um die fraglichen Verhältniſſe genau auszudrücken.

So leiſtet die zur Bildung von Dampf angewandte Wärme viel mehr als die zur Erhitzung der Luft einer Eſſe dienende, und zwar um ſo mehr, je höher die Temperatur der Luft in der Eſſe und je geringer die Höhe derſelben iſt. Dieſe Berechnungsreſultate ſind von einer Menge großartiger Verſuche beſtätigt worden; mehrere von dieſen findet man in dem Traité de la chaleur; die neueren im Gefängniß von Tours angeſtellten Verſuche wollen wir hier hinzufügen. Eine Zugeſſe von 15^{m} Höhe, deren Heerd 2 Kil. 33 Steinkohlen pro Stunde konſumirte, wurde durch einen Ventilator von doppelter Wirkung erſetzt, der durch einen Mann ſo leicht in Bewegung geſetzt wurde, daß er die Kurbel nur mit einer Hand drehte; um eine gleiche Wirkung zu erhalten, hätte die Lufttemperatur in der Eſſe verzehnfacht werden müſſen.

Wir wollen hinzuſetzen, daß bei einer Maſchine die Leiſtung bei dem nämlichen Druck proporzional der Konſumzion an Brennmaterial ſteigt, während bei einer Eſſe die Leiſtung nur ſehr langſam mit dem Brennſtoffverbrauch und nur bis zu einem gewiſſen Punkt wächſt, über welchen hinaus ſie wieder abnimmt.

Bis jetzt haben wir angenommen, daß der Dampf ganz zur Erzeugung der Bewegung verbraucht wird; aber wenn man bei einer Hochdruckmaſchine die Spannung des Dampfes dazu verwendete, um die Maſchine zu treiben, und die durch die Kondenſazion des Dampfes entſtehende Hitze, um die Ventilazionsluft zu erhitzen, ſo würde die für die Bewegung der Luft aufgewendete Arbeit gar nichts koſten. Einige Beiſpiele werden die Vortheile einer mechaniſchen Ventilazion in Bezug auf Oekonomie deutlich zeigen.

Nehmen wir zuvörderſt an, eine Eſſe habe 15^{m} Höhe, 1^{m} Durchſchnitt und ſchließe eine Luftſäule ein, deren Temperatur 30° höher wäre als die der äußern Luft; die theoretiſche Geſchwindigkeit beträgt alſo 5^{m} 67. Nehmen wir die äußere Luft zu 0°, die des Saals zu 15° an, ſo iſt die Einſtrömungsgeſchwindigkeit der Luft in die Eſſe gleich $5^{m}67 : (1 + 0{,}00365 \cdot 15) = 5^{m}31$. Geſetzt nun, durch die Reibungen und den Widerſtand aller Art werde die Geſchwindigkeit auf die Hälfte reducirt, ſo iſt das pro Sekunde eingezogene Luftvolum 2^{m}65 und pro Stunde 2,65 . 3600 = 9540 Meter; der Aufwand an Wärme pro Stunde wird ſein $9540 \cdot 1{,}3 \cdot 15 : 4 = 46509$ Einheiten, was nahezu 6$^{Kil.}$ 5 Steinkohlen entſpricht; im Sommer betrüge dieſer Aufwand ungefähr 7$^{Kil.}$ 4. Die Arbeit $pv^{2} : 2g$ wäre $2{,}65 \cdot 1{,}3\ (2{,}65)^{2} : 19{,}62 = 1^{Km.}23$; die wirkliche Leiſtung der Eſſe iſt alſo $1.23 \times 4 = 4^{Km.}92$, und ein Ventilator muß zur Erzielung dieſer Wirkung $4^{Km}92 \cdot 3 = 14^{Km.}76$ konſumiren, was nahezu 1 : 5 Pferdekraft entſpricht, während durch die konſumirte Wärme eine Leiſtung von mehr als anderthalb Pferdekraft im Winter und 2 Pferdekräften im Sommer erzielt werden könnte.

Betrachten wir als zweites Beiſpiel die Ventilirung im Gefängniß Mazas. Die Eſſe verarbeitet 30,000 Kubikmeter Luft in der Stunde mit einer wirklichen Geſchwindigkeit von 2^{m}67; das pro Sekunde ausſtrömende Luftvolum beträgt $30{,}000 : 3600 = 8^{m}33$; ſein Gewicht iſt = 8,33 . 1,3 = 10$^{Kil.}$ 83, und der Nutzeffekt der Eſſe iſt $10{,}83 \cdot (2{,}67)^{2} : 19{,}62 = 3^{Km.}93$. Da aber der Nutzeffekt der Eſſe nur 0,18 beträgt, ſo müßte die Maſchine $3^{Km.}93 : 0{,}18 = 22^{Km.}$ produciren, und da ein Ventilator nur 0,33 leiſtet, ſo betrüge die durch die Maſchine konſumirte Arbeit $22^{Km.} \cdot 3 = 66^{Km.}$ = 0,9 Pferdekraft, was höchſtens einer Konſumzion von 3$^{Kil.}$6 Steinkohlen pro Stunde entſpricht. Indem nun aber bei einer Nichtkondenſazionsmaſchine mit Expanſion

---

Dieſe Formeln findet man im erſten Band des Traité de la chaleur, Seite 214; die letzten oben gegebenen Zahlen hätten hieraus können abgeleitet werden, wir zogen es jedoch vor ſie allmählig zu berechnen, weil ſie zeigen, wie die Geſchwindigkeiten der heißen und der kalten Luft, das Gewicht der eingezogenen Luft und die Leiſtung mit dem Temperaturunterſchied variren.

Die Schnelligkeit des Ausſtromens der Luft aus der Eſſe iſt $\sqrt{2gHat}$, folglich iſt die Arbeit Hatp, und ſie wächſt proporzional H und t; das durch die Formel (2) ausgedrückte Verhältniß lautete nunmehr 2,27 : aH und wäre von der Temperatur unabhängig. Indeſſen müſſen die Ausdrücke (1) und (2) angewendet werden, weil der Nutzeffekt einer Eſſe darin beruht, daß er die kalte Luft einzieht, und nicht darin, daß er die warme Luft oben ausſtößt.

Digitized by Google

die Ventilazion im Winter nichts koſtete, ſo würde dieſe im Sommer einer Konſumzion an Kohlen von $3{,}6 . 24 . 30 . 7 = 18144^{Kil.}$ entſprechen, während bei derſelben Ventilazion durch eine Zugeſſe $20 . 24 . 30 . 5 + 25 . 24 . 30 . 7 = 198000^{Kil.}$ aufgingen. Die Differenz iſt $179\,856^{Kil.}$, und das Verhältniß etwa 1 : 10.

Der Ventilator dürfte nicht beſtändig direkt auf die kalte Luft einwirken und ſie in den zu ventilirenden Räumen komprimiren; zuweilen müßte ſeine Wirkung dahin gehen, daß er die verdorbene Luft an ſich zöge, um ſie nach außen zu entfernen; dies wäre jedesmal der Fall, wenn die verdorbene Luft einen beſtimmten Weg einſchlagen müßte. Würde z. B. in einem auf die Art wie Mazas eingerichteten Gefängniß die warme Luft durch einen Ventilator in die Zellen geleitet, ſo wäre daſelbſt der Druck größer als außerhalb derſelben, und die Luft würde durch die Abzugsröhren und ſofort durch die Eſſe ausſtrömen. Oeffnete man aber das Fenſter einer Zelle, ſo würde die Kellerluft, die durch die der anderen Zellen komprimirt iſt, durch die Abzugsröhren zurückſtrömen und die Zelle inficiren. Der Ventilator müßte am Ende der Keller angebracht werden, die Zellenluft an ſich ziehen und ſie in die Ausſtrömungseſſe abgeben.

Wir haben jetzt geſehen, was für überwiegende Vortheile in Bezug auf Oekonomie die mechaniſche Ventilazion darbietet; dieſe Betrachtung iſt indeſſen nicht die einzige, die bei der Wahl der Ventilazionsmethode berückſichtigt werden muß; die Prüfung aller Vor- und Nachtheile dieſer beiden Methoden muß hier entſcheiden. Dieſe Vor- und Nachtheile laſſen ſich aber je nach den einzelnen Umſtänden ſehr verſchieden beurtheilen, ſo daß man in allen Fällen kaum beſtimmt ſagen kann, ob dieſes oder jenes Syſtem den Vorzug verdiene.

Von einer mechaniſchen Ventilazion kann nur dann die Rede ſein, wenn es ſich um eine ſehr kräftige Ventilazion handelt, die eine beträchtliche Arbeit erfordert. Sie hat im Allgemeinen den Vortheil, daß ſie weniger Brennmaterial konſumirt als die Ventilazion durch eine Zugeſſe und daß ſie keine Auslagen mehr verurſacht, wenn man die Hitze des ausgedehnten Dampfes verwendet; mit dieſer Methode läßt ſich die Ventilazion leicht reguliren und innerhalb weiter Grenzen je nach Bedürfniß auf ſehr verſchiedene Art anwenden. Aber ſie erfordert bedeutende Einrichtungskoſten, eine zweite Maſchine zum Wechſeln, wenn die erſte in Unordnung gerathen iſt, und die fortwährende Beaufſichtigung durch einen Mechaniker.

Die Ventilazion durch eine Zugeſſe läßt ſich bei großartigeren wie bei kleineren Ventilazionen ſtets anwenden; ihre Einrichtungskoſten ſind ſehr gering, denn ſie reduciren ſich auf die Erbauungskoſten einer Eſſe, und die Permanenz der Ventilazion iſt geſichert, da dieſe nur ſehr langſam mit der Thätigkeit des Heerdes erliſcht. Die Ventilazion ſelbſt iſt aber bei dieſer Methode koſtſpieliger als bei der vorigen, und ihre Wirkung hat ein Maximum, über welches ſich nicht hinausgehen läßt. Unter gewiſſen Umſtänden bietet dieſe Methode auch ſehr große Schwierigkeiten dar, indem nämlich die Ventilazionsluft der verſchiedenen Räume geſammelt werden muß, um zur Zugeſſe geleitet werden zu können.

Die Ventilatoren können auch durch Menſchen getrieben werden, und obgleich alsdann die Koſten beträchtlicher ſind als bei einer Dampfmaſchine, ſo gibt es doch Fälle, wo man in anderer Beziehung gut damit fährt. Namentlich in Gefängniſſen, wo die Arbeit der Leute nichts koſtet, wäre dieſe Methode in Gebrauch zu ziehen.

Wenn man ſieht, wie wenig Arbeit ſelbſt beträchtliche Ventilazionen erfordern, ſo geräth man auf eine andere mechaniſche Ventilazionsmethode, die ſehr leicht anzuwenden wäre. Dieſe beſteht darin, daß man durch einen Menſchen eine gewiſſe Zeit lang ein Gewicht aufheben läßt, welches alsdann langſam herunterfallen muß; bei ſeinem Fall würde es alsdann einen großen Theil der erforderlichen Arbeit leiſten. Wir kommen in kurzem auf mehrere Fälle, wo dieſe Ventilazionsmethode von großem Nutzen wäre.

Natürliche Ventilazion. — In dem Vorſtehenden war nur von der künſtlichen Ventilazion die Rede; ſie entſteht aber auch unter näher zu bezeichnenden Umſtänden auf natürlichem Wege.

Kommunicirt ein mit warmer Luft geheizter Raum mit einer Eſſe ohne Heerd, ſo ſtrömt die warme Luft durch die Eſſe aus, da ihre Temperatur höher iſt als die der äußeren Luft, und folglich mit einer um ſo größern Geſchwindigkeit, je niedriger die Temperatur der letztern iſt. Bei einem Temperaturübergewichte von

2°, 4°, 6°, 8°, 10°, 12°, 14°, 16°, 18°, 20°

würden die Geſchwindigkeiten bei einer Höhe von

Digitized by Google

15 Meter und mit Abſtrakzion von allem Widerſtand ausmachen

1^m46; 2^m07; 2^m53; 2^m93; 3^m27; 3^m59; 3^m92; 4^m14; 4^m39; 4^m63.

Dieſe Geſchwindigkeiten würden nur dann ſtattfinden, wenn die Luft keinen Widerſtand erführe; aber ſie wären nur wenig geringer, wenn die Einſtrömungsöffnung in dem Raume von dem Durchſchnitt der Eſſe nur wenig differirte, und wenn die durchlaufenen Wege nicht ſehr beträchtlich wären. Wie man ſieht, ſind dieſe Geſchwindigkeiten bei einem ſchwachen Temperaturübergewicht ſchon ſehr groß. Hätte ferner ein Raum von jeder beliebigen Temperatur an einer Wand zwei Oeffnungen, nämlich eine oben und eine andere unten, ſo würde die äußere Luft, ſo gering auch der Temperaturunterſchied zwiſchen dem Raum und der äußeren Luft wäre, durch die eine Oeffnung eindringen und die Luft des Raumes durch die andere herausziehen; dieſe Phänomene wären um ſo markirter, je weiter bei übrigens gleichen Verhältniſſen die beiden Oeffnungen voneinander entfernt wären. Hätte der Raum an zwei entgegengeſetzten Wänden Oeffnungen, ſo würde ſeine Luft durch den geringſten Wind leicht erneuert werden, und dieſe Wirkung würde bei gleichen Umſtänden offenbar von der Größe der Oeffnungen abhängen.

Bemerkungen über die Bewegungen der Luft in ventilirten Räumen. — Damit die Luft irgend eines Raumes durch die Ventilazion verbeſſert werde, iſt es nicht genug, daß ein gewiſſes Volumen Luft in einem gegebenen Zeitraume ein- und austrete, denn Luftſtröme, die in geringer Höhe am Boden oder an der Decke hinlaufend den Raum durchzögen, wären offenbar ganz wirkungslos. Nur diejenigen Luftzüge ſind als wirkſam anzuſehen, die quer durch den bewohnten Theil des Raumes gehen und namentlich die, deren Richtung von unten nach oben oder umgekehrt läuft.

Damit aber die Luft eines Raumes verbeſſert werde, muß dieſen nicht nur ein Volumen Luft von oben nach unten oder umgekehrt durchziehen, ſondern der vertikale Luftzug muß auch überall eine konſtante Geſchwindigkeit haben; denn hier handelt es ſich nicht darum, für jede Perſon eine Durchſchnittszahl anzunehmen. Wenn z. B. in der einen Hälfte des Saales die Geſchwindigkeit doppelt und in der andern Null wäre, ſo würden die Perſonen, welche die letztere Hälfte einnähmen, die überſchüſſige Ventilazion der erſteren Hälfte gewiß nicht als Ausgleichung für ihre eigene Beſchränkung gelten laſſen. Kurz die Ventilazion muß an allen Punkten des Saales gleichmäßig ſein und dieſe Bedingung iſt offenbar ſo weſentlich als die ganze Ventilazion ſelbſt. Allgemeines läßt ſich hierüber nichts ſagen; man muß aber in jedem beſonderen Falle diejenigen Anordnungen treffen, durch welche eine ſolche Gleichmäßigkeit ſo ſehr als möglich erzielt werden kann.

Die Ventilazion eines Raumes läßt ſich auf verſchiedene Arten bewerkſtelligen, entweder durch Verminderung oder Vermehrung des inneren Druckes; die Zugeſſen wirken immer auf die erſte Art, die Maſchinen können auf beide Arten wirken. Wird der Druck vermindert, ſo dringt immer ein größeres oder kleineres Volum Luft durch die Thür- und Fenſterſpalten in den Raum und bildet dann feine Züge wie Fäden, die ſich auf eine mehr oder weniger beträchtliche Entfernung erſtrecken können. Wenn bei einer großen Anzahl von Gemächern auch viele Kommunikazionsröhren mit der Zugeſſe beſtehen, ſo wird die Einrichtung der Apparate hierdurch weſentlich komplicirt. Geſchieht die Ventilazion durch eine Vergrößerung des Druckes, ſo laſſen ſich die Luftfäden bei ihrem Eindringen dergeſtalt zerſtreuen oder richten, daß ſie keine unangenehmen Wirkungen hervorbringen, und der Austritt der Luft durch ſchickliche Oeffnungen kann keine nachtheiligen Luftzüge im Innern erzeugen, indem die Luftfäden nur außen beſtehen.

Dieſe Belege über die Heizung und Ventilazion geben neue Daten über dieſe wichtigen Fragen. In wenigen Worten ſollen jetzt die Einrichtungen angegeben werden, die uns bei dem gegenwärtigen Stand unſerer Wiſſenſchaft für einige Klaſſen von öffentlichen Gebäuden die paſſendſten ſcheinen.

Kirchen. — Was über die Nothwendigkeit der Heizung der Kirchen in dem Traité de la chaleur, Th. II., Seite 446 geſagt worden iſt, werden wir hier nicht wiederholen, weil man jetzt eingeſehen hat, wie nothwendig es iſt, ſolche Räume zu heizen, und weil man auch an mehreren Orten bereits ſolche Heizungen eingerichtet hat. Peclet war der Meinung, daß wenn bei ſehr großen Fenſtern die Summe aller der kleinen Oeffnungen im Umkreis jedes Fenſters einen beträchtlichen Flächenraum einnähme, beim Heizen einer Kirche durch

Digitized by Google

einen warmen Luftſtrom bedeutend viel Wärme verloren gehe und daß man am beſten thäte, den gewöhnlich eingenommenen Boden der Kirche auf eine Temperatur von 15° bis 20° zu erwärmen; aber die in Saint-Roch angeſtellten Verſuche beweiſen, daß ſich die Kirchen durch einen warmen Luftſtrom heizen laſſen, obgleich in jener Kirche die Totalſumme der Oeffnungen, durch welche die Luft entweichen kann, den enormen Flächenraum von 14 Quadratmetern einnimmt. Mithin laſſen ſich alle Kirchen durch warme Luft heizen. Dieſe Luft tritt durch Oeffnungen ein, die in gleicher Höhe mit dem Boden liegen, und kühlt ſich ſchnell ab durch die ſeitliche Fortpflanzung der Wärme, durch ihre Vermiſchung mit der ſie umgebenden Luft und namentlich durch die allgemeine Bewegung der Luft von unten nach oben in dem ganzen mittleren Raume. Dieſe Bewegung rührt von derjenigen her, die in entgegengeſetzter Richtung in der Luft ſtattfindet, welche ſich in der Nähe der Fenſter und Wände befindet, da nämlich die Fenſter und Wände kälter ſind als die mittlere Lufttemperatur der Kirche. Die mittlere Temperatur im oberen Theile der Kirche differirt kaum von der in der Nähe des Bodens, wie Peclet bei der von Duvoir-Leblanc geheizten Madelainekirche dargethan hat (Tr. de la chal., Theil II., Seite 450). Aber ob dieſe warme Luft immer von außen in die Kirche gelangen muß, oder mit andern Worten, ob die alten und neuen Kirchen immer ventilirt werden müſſen, iſt eine andere Frage, mit der wir uns jetzt beſchäftigen wollen, nachdem wir einige Verſuche und Beobachtungen in der Kirche von Saint-Vincent de Paule in Paris, wo René Duvoir ſein Heizungsſyſtem eingerichtet hat, angeführt haben.

Der Boden des Mittelſchiffs hat in ſeinem Umfang einen Kanal, welcher durch ein durchbrochenes, gußeiſernes Gitter geſchloſſen iſt, in dem die Cirkulazionsröhren für das heiße Waſſer liegen. Dieſer Kanal hat 0m,60 Breite. Wir haben dieſe Kirche an einem Wochentage und einem großen Feſttage beſucht, als die äußere Temperatur 2° unter Null war, und überall fanden wir die Temperatur in der Kirche angenehm und ungefähr von 13°. Dieſe Einrichtung ſcheint auf den erſten Blick mißlich zu ſein; auf das Gitter des Kanals können keine Stühle geſtellt werden, wenigſtens ſo lange die Heizung lebhaft iſt, weil das Gitter zu heiß wird; aber an Wochentagen iſt der von dem Kanal umſchriebene Raum für die Stühle hinreichend, und an Sonn- und Feiertagen, wo der Zudrang beträchtlicher iſt, braucht man nicht zu heizen, da bei der großen, von den Wänden eingeſchloſſenen Wärmemenge die Temperatur nicht weſentlich ſinkt, wie man ſich durch Thermometer überzeugt hat. Bei dieſer Methode iſt keine Ventilazion nöthig; wenigſtens fänden wir an einem großen Feiertage, wo die Kirche gefüllt war und ungefähr 2000 Perſonen faßte, nirgend einen üblen Geruch. Es findet alſo eine natürliche Ventilazion durch die Fenſter und die häufig ſich öffnenden Thüren ſtatt; überdies iſt die in der Kirche befindliche Luftmaſſe zu groß, um während des Gottesdienſtes weſentlich verdorben werden zu können. Bei dieſer Heizungsmethode ließe ſich übrigens eine Ventilazion bewerkſtelligen, falls man eine ſolche für nöthig erachten ſollte; man brauchte nur zu dem Zwecke unter dem Kanal mit den Heißwaſſerröhren einen Kanal mit der äußeren Atmoſphäre in Verbindung zu ſetzen und ihm eine große Anzahl von Oeffnungen zu geben, die ſich unter den Röhren öffneten.. Es iſt klar, daß, wenn die Summe der Fenſterſpalten keinen hinlänglichen Flächenraum darböte, man an dem oberen Theile der Kirche oder in einer gewiſſen Höhe Oeffnungen anbringen müßte. Thermometriſche Verſuche haben in dieſer Kirche ein merkwürdiges Reſultat ergeben; von einer gewiſſen Höhe an nimmt die Temperatur nach aufwärts zu ab. Dieſes Phänomen rührt ohne allen Zweifel daher, daß die Luft in dem oberen bis zum Dach ſich erhebenden Theil der Kirche ſtark abgekühlt wird, und daß ſich Ströme kalter Luft nach abwärts über die ganze Oberfläche des großen Schiffes verbreiten. Das heiße Waſſer cirkulirt in den Röhren nur in einer Richtung; um aber der Abkühlung während dieſes Laufes zu begegnen, theilt ſich die Röhre gegen das Ende ihres Laufes in mehrere, die eine größere Oberfläche darbieten. Ganz gewiß wäre es ein Vortheil, das heiße Waſſer in zwei Röhren nach entgegengeſetzten Richtungen zu leiten; denn alsdann wäre die Summe der Temperaturen der Röhren an jedem Punkte ihres Laufes faſt ganz konſtant. René Duvoir glaubt, daß dieſe Heizungsmethode ökonomiſcher iſt als die in Saint-Sulpice eingerichtete, weil weniger Wärme quer durch den Boden fortgepflanzt wird; da aber bei dem neuen Sy-

Digitized by Google

ſtem viel mehr Wärme gegen die Mauern ausſtrahlt, ſo läßt ſich die Frage nur durch Verſuche abſchließen, die indeſſen noch nicht angeſtellt worden ſind.

Aus dieſen Beobachtungen, die unter den ungünſtigſten Umſtänden ſtattfanden, erhellt: bei geringer Höhe des Gewölbes, ſehr wenig freien Flächen im Umkreis der Fenſter und einer möglichſt großen Verſammlung von Perſonen iſt eine künſtliche Ventilazion nicht abſolut nothwendig, wahrſcheinlich, wie ſchon oben erwähnt wurde, weil ſich eine ſolche ſchon auf natürlichem Wege durch das häufige Oeffnen der Thüren und die Fugen der Fenſter entwickelt, und auch wegen des bedeutenden Luftvolums in der Kirche ſelbſt, welches während der kurzen Zeit eines Gottesdienſtes hinreichend iſt, um eine gute Luft zu unterhalten. Indeſſen ſollte man ſich in allen Fällen die Mittel ſichern, bei außergewöhnlichen Umſtänden eine kräftige Ventilazion einleiten zu können.

Nach allem dem dürfte es zweckmäßig ſein, bei alten wie bei neuen Kirchen, deren Fenſter eine große Fläche darbieten, mit Ventilazion zu heizen wie in Saint-Roch. Es iſt ſehr wahrſcheinlich, daß wenn die erwärmte Luft aus einem Ofen in der Kirche ſelbſt kommt, an den Fenſteröffnungen ein ſolcher hin- und hergehender Luftzug ſtattfindet, daß hiedurch ein größerer Verluſt an Wärme bedingt wird als durch eine regelmäßige Ventilazion. Bei Kirchen, deren Fenſter kleiner ſind, kann man unſerer Meinung nach einen Ofen in der Kirche ſelbſt anbringen; doch wäre es vielleicht klug, den Apparat ſo einzurichten, daß er unter gewiſſen Umſtänden mit äußerer Luft geſpeiſt werden könnte, ſo daß beim Oeffnen einer Oeffnung im oberen Theile des Gebäudes eine kräftige Ventilazion eingeleitet werden kann. Dieſe Einrichtung darf um ſo wärmer empfohlen werden, als ſie nur geringe Koſten verurſacht.

Was die Art der Oefen ſelbſt betrifft, ſo kann man ſolche anwenden, deren Oberflächen vom Rauch geheizt werden; die paſſendſten aber ſind die Heißwaſſeröfen, weil ſie nur wenig Sorgfalt und Aufſicht erheiſchen. Die Heizungsflächen können von Cirkulazionsröhren oder großen paſſend angeordneten Cylindern gebildet werden. Die von René Duvoir in der Kirche Saint-Vincent de Paule getroffene Einrichtung kann ebenfalls empfohlen werden, namentlich wenn die Kirche kein Souterrain hätte, wie es bei anderen Methoden erforderlich iſt. In allen Fällen muß der Apparat in allen ſeinen Theilen gut ſtudirt werden, und beſonders iſt darauf zu ſehen, ob die Heizungsflächen für die niedrigſten äußeren Temperaturen hinreichend ſind.

Spitäler. — Die Nothwendigkeit einer Heizung und einer kräftigen Ventilazion in den Spitälern iſt ſo ſehr in die Augen fallend, daß man erſtaunt, wie es ſo lange hat dauern können, bis man ſich ernſtlich damit beſchäftigte. In ſolchen Anſtalten, wo die ſchädlichen Einflüſſe ſo zahlreich und mannigfach ſind, müſſen die Ventilazionsapparate beſonders kräftig ſein; ſie müſſen Tag und Nacht arbeiten und müſſen ſo eingerichtet werden, daß ſich unter gewiſſen Umſtänden ihre Wirkungen um ein Bedeutendes erhöhen laſſen.

In großen Anſtalten halten wir die Heizung mit heißem Waſſer, das durch Dampf erhitzt wird, mit kurzer oder ohne Cirkulazion für das beſte Syſtem; auch glauben wir, daß die Ventilazion auf mechaniſchem Wege durch Kompreſſion vermittelſt eines durch eine Expanſionsmaſchine ohne Kondenſazion getriebenen Ventilators die beſte iſt. Wir wollen hier noch nicht auf dasjenige eingehen, was in dieſer Beziehung ſpäter bei Gelegenheit des Nordſpitals in Paris geſagt wird; die ſo wichtigen Fragen in Betreff der Wirkſamkeit der ganzen Ventilazion und der Gleichmäßigkeit ihrer Wirkſamkeit möge aber hier unterſucht werden.

Betrachten wir einen großen unbewohnten Saal, deſſen mit Fenſtern verſehenen Seitenwände der äußeren Luft ausgeſetzt ſind; nehmen wir an, Decke und Boden ſeien horizontal und der Saal werde durch einen Strom warmer Luft geheizt, der an einem Ende eintritt und durch den unteren Theil einer am anderen Ende befindlichen Eſſe, wo die Luft mehr oder weniger erwärmt iſt, wieder austritt. Der warme Luftſtrom wird ſenkrecht in die Höhe ſteigen, indem er ein wenig in ſeinem Durchſchnitt verringert wird, und wird ſich unter der Decke ausbreiten, indem er alle die Luftſchichten, die den Saal vorher gefüllt hatten, nach abwärts drückt. Mithin werden die horizontalen Luftſchichten gleichmäßig ſinken, und in jeder derſelben wird die Temperatur an allen Punkten beinahe die nämliche ſein. Aber unabhängig von dieſer allgemeinen Bewegung bilden ſich gegen die als Abkühlungsmittel wirkenden Flächen, und gegen die Fenſter und Wände andere Luftſtrömungen, deren Richtung von oben nach unten geht und die eine größere oder kleinere Geſchwindigkeit haben.

Digitized by Google

Dieſe Ströme breiten ſich über die Bodenoberfläche aus, vermiſchen ſich mit den Schichten, welche von der Decke herabſinken, und ziehen gegen die Oeffnung der Zugeſſe. Bei dieſer allgemeinen Bewegung der Luftſchichten von oben nach unten beſitzt jede horizontale Schicht in allen ihren Punkten faſt die gleiche Temperatur, und zwar wegen der Leichtigkeit, mit der ſich die Wärme in der Luft zerſtreut. Die Temperaturabnahme von oben nach unten entſteht durch die Fortpflanzung der Wärme von Schicht zu Schicht bis zu derjenigen, die an der Oberfläche des Bodens ſtrömt. Nimmt man an, es beſtehe nur eine Zugöffnung, ſo wird ſie beſonders die kältere Luft, die ſich am Boden befindet, anziehen und die Geſchwindigkeit dieſer Luft wird mit der Entfernung ſchnell abnehmen; ſind aber die Zugöffnungen zahlreich und gleichmäßig der ganzen Breite des Saales nach vertheilt, ſo wird ſich an allen Punkten des Bodens die Geſchwindigkeit gleich bleiben. Mithin würde die Luft, welche die durch die Fenſter und Wände dringende Wärme geliefert hat, die Zugeſſe erreichen, indem ſie an deren Boden hinzieht, und der andere Theil der Ventilazionsluft würde vertikal herabſinken; der erſte Theil würde nur die Luft in der Nähe der Mauern und des Bodens und der zweite Theil die Luft des ganzen übrigen Raumes erneuern. Dieſe beiden Theile, in welche die Ventilazionsluft zerfällt, müſſen in ihrem Verhältniſſe zueinander ſehr variabel ſein, je nach der von den Fenſtern und Wänden abſorbirten Wärmemenge und je nach dem eindringenden Volum warmer Luft; der erſte Theil muß um ſo kleiner ſein, je geringer die Abſorbzion iſt, und der andere bei übrigens gleichen Verhältniſſen um ſo größer, je größer das eintretende Volum warmer Luft iſt. Nehmen wir nun an, in dem Saale befände ſich eine gewiſſe Anzahl Oefen mit ausgedehnten Flächen und mit einer kräftigen Ausſtrahlung, ſo wird die ausſtrahlende Wärme die Fenſter und Wände erwärmen, und die gegen dieſe Flächen herabſinkenden Strömungen werden langſamer werden; ferner werden ſich um jede derſelben aufſteigende Strömungen bilden, die die am Boden befindliche Luft wieder in die Cirkulazion bringen, und die Luft wird weit beſſer zerſtreut werden. Nimmt man nun an, das Zimmer ſei von Perſonen eingenommen, ſo wird jedes Individuum, da es eine höhere Temperatur hat als das Zimmer, wie ein ſolcher Ofen wirken, und die Wirkung wird noch erhöht werden, wenn ſich die Perſonen bewegen. Hat im Sommer die eintretende Luft eine niedrigere Temperatur als die des Zimmers, und ſind die Ausſtrömungsöffnungen am oberen Theile des Raumes, ſo wird ſich die eindringende Luft zuerſt am Boden ausbreiten, dann zum Theil gegen die Mauern zu aufſteigen, zum Theil vertikal ſich erheben, und dieſer letztere Effekt würde durch die Perſonen in dem Raume noch erhöht werden; mithin fänden gerade die umgekehrten Vorgänge ſtatt wie im Winter. Die allgemeine Bewegung der Luft aber von unten nach oben wäre für die Luftverbeſſerung viel vortheilhafter, indem jede Perſon nur reine Luft einathmete, was im Winter nicht der Fall iſt, weil bei der Bewegung von oben nach unten die eingeathmete Luft ſchon zum Theil verdorben iſt. Nähme man endlich an, was aber in der Wirklichkeit nur bei ganz beſonderen Ausnahmsfällen ſtattfinden würde, daß die Zugluft genau dieſelbe Temperatur hätte wie die Zimmerluft und die inneren Flächen, ſo würde die Ventilazionsluft unmittelbar in den Umkreis der Ausſtrömungsöffnungen gezogen werden, und nur ein Theil der Luft würde wirklich zur Luftverbeſſerung des bewohnten Raumes wirken; dieſer Fall iſt indeſſen ſelten und kann nie lange dauern.

Alles, was wir eben geſagt haben, bezieht ſich gleicherweiſe auf eine Zugeſſe wie auf eine Maſchine; im letzteren Falle aber müßte namentlich im Sommer die Geſchwindigkeit der Luft bei ihrem Eintritte in den Saal ſehr gering ſein, damit ſie raſch zu Boden fiele. Die Einrichtungen aber, welche in dem Projekt für das Spital du Nord (ſiehe weiter unten) angegeben worden ſind, entſprechen vollkommen dieſen beiden wichtigen Bedingungen einer beinahe durchaus wirkſamen und in dem bewohnten Theil der Säle faſt ganz gleichmäßigen Ventilazion. Es wäre indeſſen nothwendig, daß die Ausſtrömungsöffnungen der Luft im Sommer am oberen Theil der Säle angebracht wären; denn wenn ſie tiefer unten lägen, ſo würde ſich über ihnen eine ſtagnirende Schicht verdorbener Luft bilden, welche der Geſundheit nachtheilig ſein könnte.

Die für ein Spitalzimmer paſſendſte Ventilazionsmethode würde darin beſtehen, die Luft durch eine ſehr große Menge Oeffnungen im Boden im Umkreis der Krankenbetten einzulaſſen und ſie in allen Jahreszeiten durch den oberen Theil des Saales wieder zu entfernen. Die ganze Ventilazion wäre alsdann für die Luft-

Digitized by Google

verbeſſerung thätig; ſie könnte ſehr gleichmäßig vertheilt werden und jeder Kranke athmete nur reine Luft ein. Dieſe Einrichtung wäre zwar nicht eben ſchwierig, aber man müßte im Winter Fenſter und Wände durch das Ausſtrahlen einer gewiſſen Anzahl Oefen erwärmen und ein Theil der von ihnen der Luft durch den Kontakt mitgetheilten Wärme ginge verloren. Ich ſage nur ein Theil und nicht die ganze Wärme, weil dieſe Luft, wärmer als die Ventilazionsluft, die Decke erwärmen und dieſe alsdann durch Ausſtrahlung gegen Boden und Wände einen Theil dieſer Wärme wieder abgeben würde, und weil die Luft, die ſich im Umkreis der Oefen erhöbe, theilweiſe von derjenigen herkäme, die ſich nach den Wänden zu geſenkt hätte.

Ein allgemeines Heizungsſyſtem durch einen einzigen Heerd und eine allgemeine Ventilazion durch eine einzige Maſchine oder durch eine einzige Eſſe ließe ſich offenbar für alle Spitäler anwenden, ſie möchten nun groß oder klein ſein. Aber in dem Maße, als ſolche Anſtalten in ihren Dimenſionen kleiner werden, verlieren auch die Vortheile einer einzigen Heizungs- und Ventilazionsmethode von ihrer Bedeutung. Da andererſeits die meiſten Spitäler nur geringe Mittel haben, ſo würden Verbeſſerungen, die ſehr bedeutende Einrichtungskoſten verlangten, nie verwirklicht werden können. Man muß alſo auf die einfachen und ökonomiſchen Einrichtungen aufmerkſam machen, die überall ohne große Koſten und allmählig getroffen werden können.

Das einfachſte und ökonomiſchſte Syſtem zur Heizung und Ventilirung eines Spitalzimmers von mittlerer Größe wäre wohl folgendes. An einem Ende befände ſich ein gußeiſerner Ofen von 1 Meter bis 1m 50 Höhe und paſſendem Durchmeſſer; er müßte einen Mantel von Eiſenblech haben, der einen größeren Durchmeſſer hätte und an ſeinem oberen Theile mit Oeffnungen verſehen wäre, die von Drahtgittern bedeckt würden; auf dem Ofen müßte ſich ein Sandbad zur Erwarmung der Medikamente befinden; der Raum zwiſchen dem Ofen und ſeinem Mantel müßte mit der äußeren Atmoſphäre kommuniciren; die Ofenröhre müßte durch das Zimmer in eine weite Eſſe laufen. Dieſe Eſſe müßte an ihrem unteren Theile einen Heerd haben und auf beiden Seiten müßten zwei Kaſten von Holz oder Gips, jeder von dem halben Durchſchnitt wie die Eſſe, vom Boden bis zur Decke gehen. Jeder dieſer Kaſten müßte zwei Oeffnungen haben, eine oben und eine unten, deren Flächen dem Durchſchnitt des Kaſtens gleich und die mit Schiebern verſehen wären, die ſo eingerichtet ſein müßten, daß die obere Oeffnung geſchloſſen wäre, wenn die untere offen ſtände, und umgekehrt. Dieſe Kaſten müßten mit dem Aſchenfall des Heerdes und mit der Eſſe über dem Heerde kommuniciren; dieſe beiden letzteren Kommunikazionswege müßten zuſammen den Durchſchnitt der Eſſe haben. Die Eſſe müßte in einer gewiſſen Höhe einen Zeiger haben, der ſich in Folge des in der Eſſe aufſteigenden Luftſtroms mehr oder weniger neigte. Bei dieſer Einrichtung würde, wenn der Ofen geheizt wäre, die äußere Luft zwiſchen Ofen und Mantel erwärmt werden, ſtiege bis zur Decke empor und ſänke dann allmählig bis zu den untern Oeffnungen der Kaſten, die im Winter offen ſein müßten; von da würde ſie durch die Eſſe entweichen. Im Sommer würde die kalte Luft auf demſelben Wege eintreten, würde aber dann zu Boden ſinken und den Saal von unten nach oben durchziehen, wenn die oberen Oeffnungen der Kaſten offen wären und auf dem Zugheerd Feuer ſich befände. Wäre der Saal ſehr lang, ſo müßte man an jedem Ende einen Ofen und in der Mitte die Zugeſſe aufſtellen. Um nöthigen Falls eine beſonders kräftige Ventilazion einleiten zu können, müßte man der Zugeſſe einen größeren Durchſchnitt geben als gewöhnlich nothwendig iſt, und dann unter gewöhnlichen Umſtänden den Zug durch ein Regiſter reduciren, welches ſich um eine horizontale in einer gewiſſen Entfernung vom Heerde angebrachten Achſe drehte.

Dieſe Heizungs- und Ventilazionsmethode iſt ſehr einfach; ſie könnte aber ſehr wirkſam werden, wenn der ganze Apparat die paſſenden Dimenſionen hätte. Sie wäre bei weitem nicht ſo koſtſpielig als diejenigen, bei welchen die Wärme wie der Zug von einem einzigen Heerde ausgehen; auch hat ſie den großen Vortheil, daß man die Apparate allmählig in den verſchiedenen Zimmern einrichten kann. Die Luft wäre freilich nicht ſo gleichmäßig vertheilt, als wenn die äußere Luft im Umkreis jedes Bettes aufſtege, und die von jedem Kranken eingeathmete Luft wäre nicht ſo rein; aber bei einer hinreichend kräftigen Ventilazion und bei der Bewegung, die in den Zimmern immer ſtattfindet, könnte die eingezogene Luft doch ziemlich gut vertheilt werden und auch rein genug ſein. Jedenfalls wäre der Vortheil gegen jetzt immer noch ein ungeheurer. Bei

Digitized by Google

einer ſolchen Einrichtung müßte das Brennmaterial in die Säle geſchafft werden und in jedem Saale wären ein, zuweilen auch zwei Heerde zu beſorgen. Ein einziger Heerd aber oder zwei Heerde, einen für die Heizung und einen für die Ventilazion, und der Vortheil, die Wärme durch Dampf oder heißes Waſſer fortzupflanzen, ſind ſehr koſtſpielige Dinge, und nicht alle Spitäler können ſie aufwenden. Die eben angegebene Einrichtung iſt übrigens die einzige, die in kleinen Anſtalten anwendbar iſt.

Wie immer übrigens auch die Einrichtung für ein, einerlei ob großes oder kleines Spital, ſein mag, immer muß man die Dimenſionen der verſchiedenen Theile der Apparate, die Flächen der Heerde, die Durchſchnitte der Röhren, die Heizungsflächen u. ſ. w. beſtimmen. Die Elemente, die nur von den durch Fenſter und Wände verloren gegangenen Wärmemengen abhängen, laſſen ſich mit hinreichender Genauigkeit durch die Formeln berechnen, die ſpäter angegeben werden ſollen; was aber die anderen betrifft, ſo muß man nothwendig wiſſen, bis zu welcher Zahl die Ventilazion getrieben werden muß, und hierüber wiſſen wir noch gar nichts Poſitives.

In dem neuerdings erſchienenen Berichte über die Heizung und Ventilazion des Amphitheaters des Konſervatoriums in Paris ſagt Morin, er habe durch Verſuche im Spital Beaujon dargethan, daß die entleerte Luftmenge von 40 bis 60 Kubikmeter pro Kranken nnd pro Stunde variire und daß dieſe Ventilazion kaum hinreichend ſei, wenn keine allzu ſchweren Verwundungen da wären. Ich zweifle nicht im Geringſten an der Genauigkeit der anemometriſchen Verſuche; um aber daraus den Schluß zu ziehen, daß die Ventilazion der Spitäler noch höher geſteigert werden müſſe, müßte man wiſſen, ob die beobachtete Ventilazion in der That wirkſam war und ob nicht eine andere permanente Schädlichkeitsurſache in dem Saale vorhanden geweſen iſt. Hätte z. B. die Ventilazionsluft eine höhere Temperatur als die des Saales und entwiche die Luft durch ſeinen oberen Theil, ſo wäre der Luftſtrom, außer wenn die Luft durch eine ſehr große Menge Oeffnungen im Boden eindränge, zur Luftverbeſſerung des von dem Kranken eingenommenen Raumes gänzlich unwirkſam, und man könnte dergeſtalt eine enorme Ventilazion faſt ohne alle Reſultate bewerkſtelligen. Derſelbe Fall wäre es, wenn die Ventilazionsluft, kälter als die Saalluft, durch eine Oeffnung am Fußboden ausſtrömte. Selbſt im Falle, daß der Luftſtrom durch den von den Kranken eingenommenen Raum ginge, ſo würden doch die animalen Stoffe, die ſich an den Wänden, der Decke, den Bettvorhängen angehäuft haben; wenn dieſe lange nicht gereinigt worden ſind, einen permanenten Infekzionsheerd bilden, gegen welchen ſelbſt eine ſehr kräftige Ventilazion nicht auszureichen vermöchte [1]). Da Morin über die näheren Umſtände ſeiner Verſuche gar keine Details angegeben hat, ſo müſſen wir im Intereſſe der Humanität hoffen, daß ſie unter einem oder mehreren der ſo eben bezeichneten ungünſtigen Umſtände ſtattgefunden haben, und daß die Luftverbeſſerung der Spitäler durch eine viel geringere wirkſame Ventilazion und folglich mit viel geringeren Koſten ermöglicht werden kann. Es iſt dies ein neuer Beweis, wie unzulänglich die Verſuche über die ganze Ventilazion ſind, wenn ſie nicht zugleich mit einer Unterſuchung der Bewegung der Luft und anderer ſchädlicher Einflüſſe angeſtellt werden.

Es kommt mir ſchwer glaublich vor, daß in einem gut adminiſtrirten Spitale, deſſen Säle nicht zu groß ſind, und deſſen Wände, Decke und Bettvorhänge öfters gewaſchen werden, eine wirklich wirkſame Ventilazion von 30 Kubikmeter pro Bett und pro Stunde unter den ungünſtigſten Umſtänden nicht hinreichend ſein ſollte. Indeſſen bin ich der Meinung, man ſolle die Apparate der Art konſtruiren, daß ſie erforderlichen Falls eine Ventilazion von 40 Kubikmeter leiſten können; ſie ſollten aber alsdann mit Regiſtern verſehen ſein, mit Hilfe derer ſich die Ventilazion auf die zur Entfernung alles üblen Geruches durchaus erforderliche Zahl reduciren läßt.

Schulſäle. — Die Luftverbeſſerung in Realſchulen und Kinderbewahranſtalten durch eine paſſende Ventilazion iſt eine Sache von der größten Wichtigkeit und

[1]) Eine wohlbekannte Thatſache rechtfertigt dieſe Bemerkung. In allen Lyceen, in allen großen Erziehungshäuſern haben die Speiſeſäle einen ſehr üblen Geruch, der der Ventilazion nicht weicht, denn die Fenſter in den Pauſen zwiſchen den Mahlzeiten bleiben faſt beſtändig offen; er rührt von den organiſchen Stoffen her, die ſich auf Thüren und Fenſtern niederſchlagen; denn er verſchwindet vollkommen, wenn dieſe Flächen angeſtrichen oder gewaſchen werden. Ich bin der feſten Meinung, daß der permanente Geruch der Spitalzimmer von derſelben Urſache herrührt.

Digitized by Google

beanſprucht die ganze Aufmerkſamkeit der Perſonen, die unter was immer für einem Titel mit der Leitung und Beaufſichtigung ſolcher Anſtalten betraut ſind. Im Jahre 1842 hat Peclet auf Befehl des Miniſters des öffentlichen Unterrichtes eine Anleitung zur Heizung und Ventilazion ſolcher Anſtalten herausgegeben. In dieſer Anleitung findet man nicht nur die Einrichtung der Apparate, ſondern auch alle Dimenſionen, wie ſie Sälen von 50 bis 300 Kindern zukommen; ein Reſumé derſelben iſt im zweiten Bande des Traité de la chaleur Seite 456 enthalten. Die Einrichtungen ſind dieſelben, wie ſie für kleine Spitalzimmer angegeben wurden. Im Sommer wäre eine durch ein fallendes Gewicht in Bewegung geſetzte Maſchine ein ſehr bequemes Ventilazionsinſtrument.

Betrachten wir z. B. einen Schulſaal mit 200 Kindern. Behufs einer Ventilazion von 6 Kubikmeter pro Kind und pro Stunde müßte die Ventilazion 1200 Kubikmeter pro Stunde und $1200 : 3600 = 0^{m}33$ pro Sekunde betragen; das Gewicht hiervon wäre $1{,}03 \cdot 1{,}3 = 0^{Kil.}43$. Entwiche dieſe Luft durch eine Oeffnung von $0^{m}25$ Durchſchnitt, ſo wäre die Geſchwindigkeit $0^{m}33 : 0{,}25 = 1^{m}32$, und die Arbeit $p \cdot v^2 : 2g$ wäre $0^{Km.}38$. Nähme man nun täglich eine ſechsſtündige Ventilazion an, ſo wäre die Totalarbeit, unabhängig von den Reibungen, $0{,}038 \cdot 3600 \cdot 6 = 820^{Km.}8$. Nehmen wir ferner an, ein Arbeiter höbe mittelſt eines Haſpels ein Gewicht zu einer beſtimmten Höhe, ſo beträgt ſeine Arbeit pro Sekunde ungefähr 6 Kilogrammeter und während einer Stunde $6^{Km.} \cdot 3600 = 21{,}600^{Km.}$, die durch den Fall des Gewichts zum größten Theile wieder eingebracht werden. Nun kann man aber leicht mit Hilfe einer einem Bratenwender ähnlichen Maſchine den Fall des Gewichts in ſechs Stunden bewirken und folglich während dieſer Zeit eine gleichmäßige Arbeit hervorbringen, die viel bedeutender iſt als diejenige, welche die Ventilazion erheiſcht, ſelbſt wenn wir annehmen, daß man nur 4 Procent der angeſammelten Arbeit benutze. Indem ſich bei dieſer Ventilazionsmethode mit geringen Koſten ein großer Ueberſchuß an Arbeit aufhäufen läßt, ſo müßte man die einfachſten und ökonomiſchſten Maſchinen anwenden, um die Bewegung auf die Luft zu übertragen. Die Ventilatoren mit Centrifugalkraft wären hier zu weitläufig; man würde ſie vortheilhaft durch eine vertikale in der Eſſe angebrachte Achſe erſetzen, die mit 3 oder 4 in einem Winkel von 45° geneigten Platten verſehen wäre und auf die durch den Fall des Gewichts eine Rotazionsbewegung fortgepflanzt würde. Der Apparat ſelbſt würde als Schwungrad dienen.

Lyceen, Erziehungshäuſer. — In ſolchen Anſtalten werden die Säle in der Regel durch Oefen geheizt; aber weder die Schulzimmer, noch die Schlafſäle, noch die Abtritte ſind ventilirt, und doch ſollten ſie es von Rechts wegen ſein. Für dieſe Anſtalten laßt ſich dem, was bereits in dem zweiten Bande des Traité de la chaleur Seite 450 geſagt wurde, nur wenig hinzufügen. Läßt ſich die Ausgabe für ein allgemeines Heizungs- und Ventilazionsſyſtem nicht erſchwingen, oder iſt man wegen beſonderer Umſtände genöthigt, jeden Raum getrennt zu heizen, ſo muß in jedem derſelben die Einrichtung getroffen werden, wie ſie oben für die kleinen Spitalzimmer angegeben wurde. In den Schlafſälen brächten einige Röhren, die an den Decken und auf dem Dache mündeten, ſelbſt ohne Heerde wegen des Temperaturunterſchiedes zwiſchen der äußeren und inneren Luft ſowohl im Sommer wie im Winter ſchon eine energiſche Ventilazion hervor; alsdann aber müßte die Luft von den Gängen und Treppen, deren Durchſchnitt von dem der Röhren nur wenig differirte, in die Schlafſäle dringen können. Eine ungleich größere Wirkung hätten dieſe Röhren offenbar dann, wenn man ſie über den zur Erleuchtung der Schlafſäle beſtimmten Lampen anbrächte. Dieſe Ventilazionsart, deren Wirkſamkeit ſich nicht einmal annäherungsweiſe berechnen läßt, könnte vortheilhaft mit einer mechaniſchen Ventilazion durch ein fallendes Gewicht erſetzt werden, die während des Aufenthaltes der Kinder in den Schlafſälen ſtattfände und die eine konſtante Wirkung hervorbrächte. Dieſe letztere Methode ließe ſich ſehr leicht und ökonomiſch auf die Abtritte anwenden.

Amphitheater. — Bei großen Amphitheatern, die eine große Anzahl Perſonen faſſen müſſen, beſteht die paſſendſte Ventilazionsmethode, wie ſchon im Traité de la chaleur Theil II Seite 423 geſagt wurde, darin, daß man die warme oder kalte Luft gleichmäßig unter den Stufen vertheilt, von wo ſie durch eine Menge gleicher und gleichmäßig vertheilter Löcher vor oder hinter den Bänken ausſtrömt. Bei dieſer Methode iſt die eingeathmete Luft ſtets rein, und die ganze Luft wird nützlich verwendet, ſobald ſie nur gleichmä-

Digitized by Google

ßig vertheilt iſt. Dieſe Luftbewegung ließe ſich durch eine Zugeſſe vermitteln, deren unterer Theil mit den Löchern in der Decke kommunicirte, oder auch durch einen Ventilator, der die Luft unter den Stufen zurücktriebe. Im Winter würde der Saal auch wie eine kräftige Eſſe wirken. Auf den erſten Blick ſcheinen dieſe beiden Methoden von gleichem Werthe zu ſein; dem iſt aber nicht ſo. Iſt die Luft einmal in Bewegung geſetzt, ſo läßt ſie ſich leicht, beinahe ganz gleichmäßig unter den Stufen vertheilen, und zwar durch Röhren, die unter jeder Stufe laufen und von Oeffnungen durchbohrt ſind, deren Durchmeſſer in dem Maße abnimmt, als ſie ſich von der Vertheilungsröhre entfernen; alsdann ſind Form und Stelle der Oeffnungen der Decke willkührlich, wenn nur die Summe aller Flächenräume hinreicht. Findet aber die Bewegung durch Zug ſtatt, ſo muß nicht nur die Luft gleichmäßig unter den Stufen vertheilt ſein, ſondern die Zugöffnungen der Decke müſſen gleichmäßig auf alle Ausſtrömungsöffnungen wirken, was eben nicht leicht zu erreichen iſt, da die Wirkung einer Zugöffnung ſehr raſch mit der Entfernung variirt, ausgenommen wenn ſie ſehr groß iſt. Eine mechaniſche Ventilazion wäre ſomit von viel größerem Vortheil. Dieſe Ventilazionsmethode beſtand im Sitzungsſaale der alten Pairskammer, und ihr Erfolg entſprach vollkommen; aber da die Luft durch Ventilatoren in Bewegung geſetzt wurde, die von Menſchen betrieben wurden und außer aller Beaufſichtigung lagen, ſo war die Regelmäßigkeit der Ventilazion nicht hinreichend geſichert und man wechſelte das Syſtem. Im Sommer wird der Zug durch eine Eſſe vermittelt; im Winter genügt die große Höhe des Saales.

Wenn die warme Luft von außen in den Saal geleitet und die Ventilazion durch eine Zugeſſe vermittelt würde, die mit Zugöffnungen unter dem Amphitheater kommunicirte, ſo ließe ſich nur dann eine regelmäßige Ventilazion erzielen, wenn die Zugöffnungen dergeſtalt angebracht wären, daß ſie gleicherweiſe auf alle Oeffnungen in den Seitenflächen der Bänke wirkten; wir ſetzen voraus, daß dieſe Oeffnungen gleich und gleichmäßig vertheilt ſind. Aber abgeſehen von der Schwierigkeit, mit der ſich dieſes erreichen ließe, hätte dieſe Methode auch noch das Unangenehme, daß ſie vor jeder Perſon die durch die Reſpirazion ſchon verderbte Luft vorbeiführete, und zwar in um ſo größerem Maße, einen je höheren Sitz die Perſon einnähme; überdies würde ſich am Plafond erhitzte und verdorbene Luft anſammeln, die beſonders den Perſonen der letzten Bänke ſchädlich wäre. Man könnte freilich eine oder mehrere Zugöffnungen am Plafond anbringen, aber man wüßte dann nicht, in welchem Verhältniſſe die oberen und die unteren Oeffnungen in Bezug auf die Luftverbeſſerung zueinander ſtänden, und an gewiſſen Punkten würden ſie gerade in entgegengeſetzter Richtung wirken.

Obgleich die Ventilazion eines Amphitheaters durch Zugöffnungen unter den Stufen große Uebelſtände mit ſich führt, ſo iſt ſie dennoch ſehr nützlich, namentlich wenn die Löcher in den Bänken dergeſtalt eingerichtet ſind, daß ſie eine gleichmäßige Ventilazion hervorbringen, und wenn die Bänke nicht bis zu einer allzu großen Höhe hinaufreichen, oder wenn die letzten Bänke ſollen beſetzt ſein. Sind aber die Amphitheater ſehr groß, ſteigen die Stufen bis zum Plafond, ſind ſie oft und lange Zeit beſetzt, ſo iſt eine kräftig und gleichmäßig vertheilte mechaniſche Ventilazion per ascensum die einzige Methode, die allen Bedingungen eines geſundheitsgemäßen Zuſtandes genügen kann. Leider ſind die Koſten der erſten Einrichtung bedeutender als bei der gewöhnlichen Methode.

Bei allen möglichen Ventilazionsmethoden eines Amphitheaters muß die Ventilazion auf die Anzahl der Plätze hin berechnet werden und konſtant bleiben, wie viel Perſonen auch verſammelt ſein mögen. Aber die Temperatur der warmen Luft muß bei ihrem Eintritt in den Saal um ſo niedriger ſein, je mehr Menſchen dieſer einſchließt; denn jede Perſon producirt eben ſo viel Wärme als eine Wachskerze, alſo nahe zu 40 Einheiten Wärme, welche die Luft im Umkreis erwärmt; für eine Ventilazion von 10 Kubikmeter pro Perſon und Stunde würde allein dieſe Wärme die Luft um 13° erwärmen. Mithin müſſen die Heizungsapparate ſo eingerichtet ſein, daß ein und dasſelbe Volum in ziemlich kurzer Zeit ſehr verſchiedene Temperaturen annehmen kann. Mit Oefen, deren Flächen durch Rauch geheizt werden, erreicht man dies leicht, indem man mehr oder weniger ſtark einfeuert, ebenſo mit Dampföfen, indem man das Volum des in die Röhren tretenden Dampfes verringert. Aber mit Heißwaſſeröfen kann die Temperatur der Luft wegen des großen Volums circulirenden Waſſers und folglich

Digitized by Google

wegen der großen von ihm eingeſchloſſenen Wärmemenge erſt nach langer Zeit erheblich verändert werden; folglich müßte der Apparat dergeſtalt eingerichtet ſein, daß ſich die Ausdehnung der Flächen, welche die Luft bei ihrem Vorüberſtreichen erhitzen, verändern läßt, und dies iſt keineswegs leicht.

Gefängniſſe. — Daß die Zellengefängniſſe einer guten Ventilazion bedürfen, iſt jetzt keine Frage mehr. Meiner Anſicht nach iſt für dieſe Art Gefängniſſe die Heizungsmethode von Mazas die beſte. Was aber die Luftverbeſſerung betrifft, ſo hat man jetzt zwei Methoden, von denen die eine in Mazas beſteht und die andere ſeit zwei Jahren in einer Zelle des Gefängniſſes von Tours verſucht wird. Die Methode von Mazas beſteht darin, daß die Luft jeder Zelle durch die Abfallröhren des Leibſtuhls entfernt wird. Dieſe Methode iſt ſehr einfach, bedarf keiner Sorgfalt von Seiten des Gefangenen, und die Fortpflanzung des Schalls von einer Zelle zur andern kann vollkommen gehindert werden; aber ſie iſt von dem großen Uebelſtand begleitet, daß durch eine theilweiſe Verſtopfung der Abfallröhren die Ventilazion gehemmt und ein großes Volum ganz verdorbener Kloakenluft in die Atmoſphäre geführt wird. Das Syſtem Sagey's, welches in dem ganzen Gefängniß von Tours eingeführt werden ſoll, beſteht, wie wir weiter unten ſehen werden, in Leibſtuhlbecken mit doppeltem Mantel, die von einem beweglichen Pfropfe geſchloſſen ſind, und die zwar die Luft eben ſo aufnehmen wie bei dem vorigen Syſtem, ſie aber durch einen Seitenkanal wieder abgeben. Hierbei iſt einige Sorgfalt von Seiten des Gefangenen erforderlich; auf der andern Seite aber hat ſie den Vortheil, daß eine gleichmäßige Ventilazion vermittelt wird und nur ſehr wenig veränderte Luft in die Atmoſphäre gelangt.

Was die Art der Ventilazion ſelbſt betrifft, ſo kann man zwiſchen einer mechaniſchen Ventilazion und einer Zugeſſe wählen. Meiner Anſicht nach iſt eine mechaniſche Ventilazion immer vorzüglicher. In großen Gefängniſſen für Angeklagte, wo man die Gefangenen nicht zur Arbeit verwenden kann, müßte man ſich einer kleinen Richtkondenſazionsmaſchine bedienen, deren Arbeit im Winter nichts koſten würde. In Gefängniſſen mit Verurtheilten könnte man die Arbeit einiger Gefangenen verwenden, um einen Ventilator zu treiben und um bei Tage ein Gewicht oder Waſſer aufzuziehen, deſſen Fall während der Nacht die Ventilazion fortſetzen würde. Eine ſehr bequeme Einrichtung beſtände darin, daß man Waſſer aufzöge, welches bei ſeinem Fall die Luft durch eine Trompete einſtrömen ließe.

Nehmen wir z. B. an, ein Gefängniß nehme 400 Gefangene auf, und es beſtehe eine Ventilazion von 10 Meter pro Individuum und Stunde, alſo 4000 : 3600 = 1^{m} 11 pro Sekunde. Strömte nun dieſe Luft durch eine Eſſe mit einer Geſchwindigkeit von 3 Meter, ſo wäre die Arbeit $pv^2 : 2g = 1{,}11. 1{,}3. 9 : 19{,}62 = 0^{Km}66$; für 10 Stunden alſo beträgt ſie 0,66. 10. 3600 = 23760^{Km}, während die Arbeit eines Menſchen in einer Stunde 6. 3600 = 21600 und in 10 Stunden 216000 beträgt. Nehmen wir nun an, dieſe Arbeit werde durch Reibungen aller Art auf 0,1 reducirt, ſo ſieht man, daß die zehnſtündige Arbeit eines einzigen Menſchen hinreicht, um die für die Ventilazion während der ganzen Nacht erforderliche Arbeit zu produciren. Würde z. B. ein Gewicht zu einer Höhe von 20 Meter gehoben, ſo müßte dies Gewicht 10800 Kil. ſchwerer ſein.

In dem Vorſtehenden habe ich vorausgeſetzt, daß der Zug der Luft entweder durch eine Eſſe oder durch eine Maſchine geſchehe; ſie ließe ſich aber auch durch Kompreſſion in die Zellen treiben. Man müßte ſich alsdann der Einrichtung Sagey's bedienen; die Gaſe würden durch eine vom Dach ausgehende Eſſe, in welche die Ausſtrömungsröhren aller Zellen einmündeten, in die Luft entweichen. Bei dieſer Einrichtung hätte man aber zu befürchten, daß durch die Thürſpalten ein Theil der verdorbenen Zellenluft in die Gänge getrieben würde.

Ueber die Gefängniſſe, in welchen die Gefangenen gemeinſchaftlich leben, ſind die Anſichten getheilt. Einige ſind der Anſicht, es ſei gefährlich, wenn die Gefangenen in Bezug auf einen geſundheitsmäßigen Zuſtand beſſer geſtellt wären als die braven Arbeiter der Induſtriewerkſtätten; es ſei im Allgemeinen nicht gut, das Loos der Gefangenen zu verbeſſern, da hierdurch das Schreckliche der Strafe, das Einzige, was oft noch vor Verbrechen zurückhielte, aufgehoben würde. Andere ſind der Meinung, der Verluſt der Freiheit, ſchwere Arbeit, eine ſchlechte und ſogar öfters unzureichende Nahrung, und eine ſtrenge Disciplin ſeien an ſich gewichtig genug, um anderſeits Verbeſſerungen in Bezug auf das geſundheitsgemäße Verhalten ohne Gefahr zu erlauben. Ich theile die Anſicht der letzteren um ſo lieber, da auch

Digitized by Google

die Wärter und alle an der Verwaltung betheiligten Perſonen mehr oder weniger von dem ungeſunden Zuſtand der Gefängniſſe zu leiden haben. Ich bin alſo der Anſicht, daß bei ſolchen Gefängniſſen die Schlafſäle, die Arbeits- und Krankenzimmer, ſo wie die Abtritte kräftig ventilirt werden müſſen, daß aber die Ventilazion bei Tage durch die regelmäßige Arbeit einiger Gefangenen vermittelſt eines Ventilators und während der Nacht durch die den Tag über aufgehäufte Arbeit in den Schlafſälen vermittelt werden müſſe. Hierbei wären ſehr geringe Auslagen erforderlich, weil die Ventilatoren von Holz ſein dürften und in manchen Gefängniſſen von den Gefangenen ſelbſt verfertigt werden könnten. *)

Bemerkungen über die Ventilazion im Winter durch die Wärme des Ofenrauchs. — Um dieſe Wärme verwenden zu können, müßte der Rauch durch eine Eſſe von Eiſenblech von 4 bis 5′ Höhe ſtrömen, welche ſich in der Ventilazionseſſe befände; die Röhre aber, die die Luft in die Eſſe führte, müßte ein Regiſter und einen fixen Anemometer zur Regulirung der Ventilazion haben. Da der Durchſchnitt der Eſſe dergeſtalt berechnet iſt, daß das Temperaturübergewicht 30° beträgt, wenn der Ofen den Dampf zu 300° abgibt, ſo kann die Eſſe ein Luftvolum von nahezu 200 Kubikmeter pro Kilogr. Kohle anziehen; ſind aber die Flächen der Oefen ſehr groß, ſo iſt die Temperatur des Rauchs viel geringer. Ueberdies kühlt ſich bei den Dampf- und Heißwaſſeröfen der Rauch beim Ausgang immer ab, indem er durch Röhren geht, die in den von der äußeren Luft durchzogenen Kanälen liegen. Bei gut eingerichteten Apparaten iſt alſo der Zug durch die verlorene Wärme viel kleiner als wir angenommen haben. Es muß noch bemerkt werden, daß dieſe Zugmethode ohne fixen Anemometer und ohne Regiſter, wie man ſie bisher gehabt hat, in ihren Wirkungen ſehr unſtät iſt, denn dieſe ſind bald zu ſtark, bald zu ſchwach, und man weiß nie woran man iſt, während es doch ſo ungemein wichtig iſt dies immer zu wiſſen.

Warum die Induſtrie der Heizung und Luftverbeſſerung bewohnter Räume ſo langſame Fortſchritte macht. — Täglich lernt man die Nothwendigkeit der Heizung und Ventilazion von Privatwohnungen wie von öffentlichen Gebäuden beſſer einſehen; auch werden ſeit einigen Jahren bereits eine große Anzahl öffentlicher Gebäude geheizt und ventilirt; aber die Induſtrie der Heizung und Ventilazion macht wirklich ſehr geringe Fortſchritte. Die Urſachen hiervon ſind ſehr zahlreich.

Die allgemeinen Phänomene der Heizung und Ventilazion ſcheinen ſehr einfach zu ſein, denn ſie erſtrecken ſich auf die Fortpflanzung der Wärme durch die Körper und auf die Bewegungen der Luft durch die Wärme oder durch Maſchinen, die auf den einfachſten Geſetzen der Phyſik und Mechanik beruhen. Die einzige Schwierigkeit, die indeſſen von dem Ingenieur abhängt, ſcheint in der Wahl der Einrichtungen, in der Beſtimmung der Formen und Dimenſionen der beſtimmten Apparate und endlich in der Regulirung der Heizung und Ventilazion zu beſtehen. Die ganze Sache iſt aber durchaus nicht ſo einfach als ſie auf den erſten Blick zu ſein ſcheint, und um ein Projekt oder einen arbeitenden Apparat zu beurtheilen, iſt es mit allgemeinen Begriffen noch nicht abgethan, ſondern man muß die hier einſchlagenden Fragepunkte durchaus ſtudirt haben. So trifft man auch bei Per-

*) Vor einigen Jahren beſuchte ich das Centralgefängniß von Nimes in Begleitung des H. Boileau de Caſtelneau, Wundarzt daſelbſt. Ueberall in den Schlaf-, Arbeits- und Krankenzimmern war die Luft verdorben und die Empfindung daſelbſt war durchaus peinlich. Zwei Arbeitszimmer aber zogen vor allem meine Aufmerkſamkeit auf ſich. In dem einen wurde Wolle gekrämpelt und ein Dutzend kleiner offener Holzkohlenfeuer waren in dem Raum hie und da angebracht; in dem anderen krämpelten die Gefangenen Seidenabfälle. Die Luft daſelbſt war dergeſtalt mit Staub geſchwängert, daß man auf einige Meter Entfernung kaum irgend etwas unterſcheiden konnte. Dieſe beiden Zimmer waren ſehr ungeſund, und nach den Beobachtungen meines Begleiters überſtieg die Sterblichkeit daſelbſt die der anderen Säle um vieles. Dem mußte nothwendig abgeholfen werden, und das Mittel hierzu wäre ſehr einfach geweſen. In jedem dieſer Säle wäre ein Ventilator mit Centrifugalkraft aufgeſtellt worden; die Koſten hierfür wären ſehr wenig geweſen, da er von Holz hätte ſein dürfen und von den Gefangenen ſelbſt hätte getrieben werden können. H. Boileau de Caſtelneau begriff die Wirkſamkeit dieſes Mittels ſehr wohl, und an den Direktor, den Präfekt u. ſ. w. bis an den Miniſter des Innern wurde das Anſuchen um eine ſolche Ventilazion geſtellt, aber trotz mehrerer Wiederholungen deſſelben ſtets umſonſt, und die Sache blieb beim Alten. H. Boileau de Caſtelneau hat in den Annales d'hygiène mehrere ſehr intereſſante Berichte über den Einfluß der Nahrung, der Arbeit und des ſchlechten Geſundheitszuſtandes der Arbeitsſäle auf die mittlere Lebensdauer der Gefangenen veröffentlicht.

Digitized by Google

ſonen, die über ein Projekt oder einen konſtruirten Apparat ein Urtheil abgeben ſollen, häufig nur vage unvollſtändige und ſelbſt zuweilen ganz irrige Ideen.

Zuweilen wird für die Projekte der Heizung und Ventilazion ein Konkurs ausgeſchrieben; noch öfters aber werden die Arbeiten geradezu an begünſtigte Unternehmer gegeben. Hierdurch wird alle Konkurrenz aufgehoben und folglich jeder Fortſchritt gehemmt, jede Verbeſſerung in der Einrichtung der Apparate, jede Erſparung in den erſten Einrichtungskoſten und den täglichen Auslagen verhindert.

Ein letzter Umſtand endlich, der aus Langſamkeit der Fortſchritte unſerer Induſtrie einen ſehr großen Einfluß ausübt, iſt die Art und Weiſe, mit der man die Einführungsverſuche macht, wenn überhaupt ſolche gemacht werden. Sehr häufig begnügt man ſich mit einigen Verſuchen über die Totalventilazion, für welche alles vorbereitet war, die aber durchaus keine Garantie geben, daß der Apparat auch bei den ungünſtigſten atmoſphäriſchen Umſtänden eine hinreichende Kraft hat, daß der Heizer ein zuverläſſiges Mittel beſitzt, um bei der Feuerung immer die konſtante Wirkung zu erzielen, daß dieſe Wirkung auch immer erzielt wird, daß die ganze Ventilazion zur Luftverbeſſerung wirklich thätig und daß endlich die Ventilazion in dem bewohnten Theile des Raumes auch gleichmäßig vertheilt iſt. Verſuche über die ganze Ventilazion an einem gewiſſen Tag, zu einer gewiſſen Stunde ohne alle andere vorläufige Erkundigung angeſtellt, wie dies ſo häufig der Fall iſt, beweiſen nichts als das von ihnen konſtatirte Faktum und können nur dazu dienen, die Perſonen die gar nicht wiſſen, wie unfähig ſie zur Beurtheilung eines Apparates ſind, in Irrthümer zu verwickeln.

Es wäre ſehr wünſchenswerth, daß in Zukunft 1) die Konſtrukzion von Heizungs- und Ventilazionsapparaten öffentlicher Gebäude einem Unternehmer nur nach einem Konkurs vor einer kompetenten Kommiſſion überlaſſen werde; 2) daß das ganze adminiſtrative Räderwerk, welches zwiſchen der Entſcheidungs- und der Ausführungskommiſſion ſteht, vereinfacht werde, und daß namentlich dieſe Entſcheidungskommiſſion mehr Gewicht habe als früherhin; 3) daß die Prüfung der Apparate nach ihrer Konſtrukzion eine hinreichende lange Zeit dauere, damit die Kraft der Heizungsapparate unter den ungünſtigſten Umſtänden, ferner die Kraft der Ventilazionsapparate, die Regelmäßigkeit der ganzen Ventilazion, die Gleichmäßigkeit ihrer Vertheilung, die Genauigkeit der Inſtrumente zur augenblicklichen Beſtimmung des Standes der Ventilazion, die Konſumzion an Brennmaterial u. ſ. w. genau konſtatirt werden könne; 4) daß die Berichte der beiden oben genannten Kommiſſionen publicirt werden.

Dieſe Maßregeln würden die Verwaltungen über die Kenntniß ihrer Apparate vollkommen ſicherſtellen, und die Induſtrie der Heizung und Ventilazion würde raſche Fortſchritte machen. Die fähigen Ingenieure könnten dabei nur gewinnen, denn bei den Heizapparaten gibt es keine Geheimniſſe, die Erfahrungen kämen allen zu Gute und die Erfindungen eines Jeden, durch Patente geſichert, würden vollſtändig reſpektirt. —

Nach dieſer Darſtellung der allgeneinen Principien, welche bei der Anlage der Heiz- und Ventilazionsanlagen maßgebend ſind, gehen wir zu einzelnen Anlagen dieſer Art über.

I. Das Gefängniß Mazas.

Der Jahrgang 1852 der Allgemeinen Bauzeitung enthält eine Beſchreibung des im letzten Decennium in Paris ausgeführten Zellengefängniſſes Mazas, in welcher auch des in demſelben ausgeführten Heizungs- und Ventilazionsſyſtems, jedoch nur in ſolcher Kürze gedacht wird, daß eine detaillirtere Beſchreibung dieſer ſich ſo außerordentlich bewährten Anlage hier an ihrem Platz ſein dürfte.

Im Jahre 1843 wurde unter dem Vorſitz des Hrn. Arago eine Kommiſſion zu dem Zwecke ernannt, die von den Ingenieuren Grouvelle und Duvoir-Leblanc für das genannte Gefängniß entworfenen Heizungs- und Ventilazionsſyſteme zu unterſuchen. In jener Zeit war der Bau des Gefängniſſes noch nicht vollendet. Die ganze Anlage geht aus den Plänen Blatt 510 bis 519 deutlich genug hervor, um die Principien der von den Konkurrenten entworfenen Pläne gehörig zu verſtehen.

Bei dem Entwurfe des Duvoir-Leblanc beſtanden die Heizapparate aus 6 Warmwaſſerkeſſeln unter der Central-Rotunda oder dem Centralbeaufſichtigungsſaal (Blatt 510), von denen je einer für einen der 6 Flügel, worin ſich die Zellen befinden, beſtimmt war. Jeder Korridor ſollte 8 unter dem Boden angebrachte Warmwaſſeröfen enthalten und

Digitized by Google

mit dem Kessel durch zwei Röhren — zur Herbeiführung des gewärmten Wassers und zur Zurückführung des erkalteten Wassers nach dem Kessel — in Verbindung gesetzt werden. Die äußere Luft erwärmte sich bei ihrem Umgange um die Oefen und entwich durch eine einem jeden der letztern entsprechende Oeffnung in den Korridor. Die auf solche Art erwärmte Luft der Korridore wollte man zur Beheizung der Zellen verwenden, und zwar vermittelst einer Cirkulazion, die sich in jeder derselben durch zwei Oeffnungen bilden sollte, wovon eine oben, die andere unten angebracht war. Die Zellen des Erdgeschosses erhielten ihre Wärme durch die von dem Luftkanal, welcher sich um die Oefen befand, ausgehenden Wärmeöffnungen. Die Rotunde hatte einen eigenen Warmwasserofen in ihrem Centrum, und außerdem sollte ihr der Wärmestoff von dem Rauch der Kessel zugeführt werden, welcher, bevor er in den Schornstein abzog, einen in den Boden eingeschnittenen und mit gußeisernen Platten bedeckten Kanal durchstrich. Die Ventilazion jeder Zelle wollte man durch einen Kanal in einer der Seitenmauern der Zelle bewirken, welcher unten mit einem kleinen das Nachtgeschirr bergenden Kasten, und unter dem Dache mit einem horizontalen Blechrohr in Verbindung treten sollte, das in einem mit einem Warmwasserofen versehenen Schornstein ausging, deren Zahl zwölf betrug. Die Ventilazion der Zellen des Erdgeschosses sollte durch in den Boden angebrachte und mit den Aschenfällen der Oefen kommunicirende Röhren stattfinden.

Grouvelle's Projekt beruhte wie das des Duvoir-Leblanc auf dem Princip der Warmwassercirkulazion, doch war bei demselben der Dampf als Transmissionsmittel zu den zur Heizung der Gebäudetheile bestimmten Warmwasserapparaten berücksichtigt worden. Der Dampf wurde durch drei in den Kellern der Centralrotunde aufgestellten Generatoren erzeugt; an dem Ende jeder Etage der Zellengebäude befand sich ein blecherner mit Wasser ganz gefüllter Cylinder, welcher durch den Dampf erhitzt wurde, der in einer schlangenförmigen Röhre cirkulirte; eine von dem oberen Theile des Cylinders ausgehende gußeiserne Röhre ging in einen Kanal unter dem Fußboden der Etagenbalkons und unter dem Boden des Erdgeschosses, und verband sich wieder mit dem Cylinder, jedoch am untern Theil desselben. Der Kanal war durch Querscheidewände je nach der Verlängerung der Zellenscheidemauern unterbrochen; jede der dadurch gebildeten Abtheilungen stand in Verbindung mit außen durch einen kleinen in dem Boden der Zelle angebrachten Kanal, und mit der Zelle durch einen andern Kanal, der seine Oeffnung in geringer Entfernung vom Boden hatte; die Luft jeder Zelle entwich, nachdem sie den Kasten mit dem Nachtgefäß durchstrichen, durch einen senkrechten Kanal, welcher unter dem Dache in einem gemeinschaftlichen Kanal ausmündete, der an dem Ende des Gebäudes aufstieg und in den Aschenfall einer Feuerung mündete, die mit einem mächtigen Schornstein in Verbindung stand. Die Verwaltungsgebäude sollten durch Warmwasseröfen, geheizt durch eine Dampfcirkulazion, erwärmt werden.

In Anbetracht vieler Erwägungen verwarf die Kommission den Entwurf des Duvoir-Leblanc. Die hauptsächlichsten Einwände dagegen waren folgende:

1. Bei der Heizung der Zellen durch Luftcirkulazion müßte man vorher die Dimensionen der Kommunikazionsöffnungen kennen, denn sie müßten in den starken Mauern angebracht werden, und ihre Berechnung ist im voraus durchaus unmöglich.

2. Nimmt man auch diese Schwierigkeit als überwunden an, so würde die Erwärmung der obern Etagen größer sein als die der untern.

3. Die Erwärmung der Zellen durch die Luft des Korridors würde den Gefangenen nur bereits verdorbene Luft mittheilen, und es könnte ein Zellenbewohner nach Belieben seinen ganzen Bezirk verderben.

4. Die Ventilazion des Erdgeschosses durch die Feuerstellen der Oefen könnte keine regelmäßige sein, denn sie müßte nothwendiger Weise mit der Aktivität des Feuers variiren.

5. Die zwölf Zugessen der Dächer, welche von den Warmwasseröfen geheizt werden, würden nur geringe Kraft besitzen, weil sie nur eine geringe Höhe haben würden, und weil man die Ventilazion *nicht* täglich reguliren und kontroliren könnte, denn die Anemometer wären nur an den Oeffnungen der Schornsteine anzubringen, die man auf Gerüsten ersteigen müßte.

Aus diesen Gründen wurde das Projekt des Grouvelle, jedoch mit den Modifikazionen angenommen,

Digitized by Google

welche wir ſpäter angeben werden, nachdem wir die Reſultate der Unterſuchungen in Betreff des Sanitätszuſtandes der Zellen werden kennen gelernt haben.

Dieſe Unterſuchungen fanden in einer Zelle der Conciergerie ſtatt. Ein Mitglied der Kommiſſion, Hr. Leblanc, beobachtete in derſelben mit den nöthigen Apparaten die Kompoſizion der Luft und ihren hygrometriſchen Zuſtand. Die Fenſter- und Thürritzen waren ſorgfältig verſtopft worden; die Luft wurde außerhalb in einem kleinen Ofen erwärmt und durch eine beiläufig einen Meter hoch durchbrochene Oeffnung in die Zelle geführt; die Luft wurde angeſogen durch ein äußeres Rohr, in welchem mehrere Wachslichter brannten; der untere Theil dieſer Röhre war mit einem Regiſter verſehen, um damit die Ventilazion reguliren zu können; das Luftrohr ſtand mit dem untern Theil einer durchbrochenen Hülſe in Verbindung, deren Deckel mit einer großen Anzahl von Oeffnungen verſehen war. Die Strömungsgeſchwindigkeit wurde mit einem Anemometer von Combes gemeſſen. Die Verſuche dauerten 10 hintereinander folgende Stunden; ihre Reſultate waren folgende:

Ausſtoßung des Geruches. Die wiederholten Verſuche lieferten den Beweis, daß bei den angenommenen Anordnungen 6 Kubikmeter Luft pro Stunde hinreichend ſind, um die Atmoſphäre der Zelle von allem unangenehmen Geruche frei zu erhalten. Bei dieſer Ventilazionsquantität zeigte ſich in dem in Auflöſung befindlichen eſſigſaurem Blei an dem Nachtſtuhlſitze die Gegenwart von Schwefelwaſſerſtoffſäure oder ſchwefelwaſſerſtoffſaurem Ammoniak.

Mit einer Lufterneuerung von 10 Kubikmeter pro Stunde war die Geſchwindigkeit des Stromes hinreichend, um ſich nach dem Urtheil der mit zarten Organen begabten Perſonen der Verbreitung des Geruches in dem Gemache zu widerſetzen. Die in die Luftröhre ſtrömende Luft war übel riechend. Als man ohne die Ventilazion zu unterbrechen den Deckel des Kaſtens öffnete, verbreitete ſich ſogleich ein ſtarker Geruch in der Zelle, und es war nothwendig, nachdem der Deckel geſchloſſen war, 20 Minuten in demſelben Grade zu ventiliren, damit der Geruchsſinn nicht auf eine merkliche Art beleidigt wurde. Es wurde anerkannt, daß das Gefäß zur Aufnahme der feſten Exkremente zwei bis drei Liter Waſſer enthalten müſſe; der in das trockne Gefäß gefallene Koth verbreitet ſo ſtarke Ausdünſtungen, daß ſelbſt eine thätigere Ventilazion nicht hinreichend iſt die Verbreitung des Geſtankes zu verhindern.

Chemiſcher Zuſtand der Luft. Vor der Abſonderung des Beobachters war die Zelle lange Zeit mit der äußeren Luft in Verbindung geblieben, ſo daß man die Reinheit der Luft beim Anfang des Verſuches mit der der normalen Luft gleich halten konnte. Die Abſcheidung dauerte 10 Stunden Als Quelle der Erzeugung von Kohlenſäure war das Brennen einer Wachskerze während $2^1/_2$ Stunden nach Schließung der Thür zu betrachten. Die Ventilazion, unter 10 Kubikmeter pro Stunde während der beiden erſten Stunden des Aufenthaltes, wurde auf 10 Kubikmeter während des übrigen Tages gebracht. Der Heizapparat konnte die Temperatur der Zelle auf $3^\circ 5$ bis $11^\circ 5$ ſtellen und dieſelbe den größten Theil des Tages hindurch erhalten. Der Beobachter empfand kein Unbehagen irgend einer Art; das Gefühl eines leichten Ekels in den erſten beiden Stunden unter dem Einfluſſe einer unzureichenden Ventilazion war vollkommen beſeitigt. Die quantitative Beſtimmung der Kohlenſäure in der angeſammelten Luft hat dargethan, daß in der letztern 33 Zehntauſendtheile Kohlenſäure an Gewicht vorhanden ſind, welches Verhältniß mehr als das Vierfache des in der normalen Luft befindlichen beträgt. Nach dem räumlichen Inhalte der Zelle waren alſo in demſelben Augenblick der Luftzulaſſung 57 Grammen Kohlenſäure vorhanden, wovon ein Theil aus dem Verbrennen der Wachskerze, der Reſt aber durch die Reſpirazion entſtanden war.

Aus dieſem Reſultat läßt ſich über die Wirkung der Ventilazion urtheilen, welche vollſtändiger hätte ſein können. Um über die hervorgebrachten Wirkungen beſſer zu entſcheiden, muß man dieſe Zahl mit der Quantität Kohlenſäure vergleichen, die während des Aufenthaltes erzeugt wurde. Da nun die Reſultate einer Beſtimmung der Herrn Andral und Gavarret über die Reſpirazion des Beobachters 31 gr 46 pro Stunde erzeugte Kohlenſäure nachweiſen, ſo mußte alſo die Quantität in 10 Stunden 314 Grammen betragen. Hiezu muß man die durch das Wachslicht in $2^1/_2$ Stunden erzeugte Kohlenſäure mit 20 Grammen rechnen, und die Totalſumme ſtellt ſich dann auf 334 Grammen, von welcher Quantität bloß 227 Grammen durch die Ventilazion während der 10 Stunden des Verſuches aus-

Digitized by Google

geſtoßen worden wären. Die Analyſe der Luft eines eben ſo großen Gemaches als die Zelle, das verſchloſſen, nicht ventilirt und 10 Stunden von demſelben Beobachter bewohnt war, hat 1 Procent Kohlenſäure geliefert.

Hygrometiſcher Zuſtand. Im Anfange des Verſuches hatte die äußere Luft 2°; die Beobachtungen an dem Pſychrometer gaben 0.75 als den hygrometriſchen Zuſtand an, und jeder Kubikmeter Luft enthielt alſo 4 gr 2 wäſſrigen Dampf. In der Zelle betrug der anfängliche hygrometriſche Zuſtand 0,80 bei der Temperatur von 3°5; jeder Kubikmeter enthielt alſo 5 gr 2 Waſſerdampf. Nach Verlauf von einigen Stunden ſchwacher Ventilazion war der hygrometriſche Zuſtand 0,73 bei der Temperatur von 10°; die Quantität wäſſerigen Dampfes pro Kubikmeter betrug alſo 7 gr 3. Am Ende des Tages war der hygrometriſche Zuſtand 0,76 bei der Temperatur von 11°5, und die Quantität Waſſerdampf pro Kubikmeter betrug 7 gr 9. Dieſe Reſultate beweiſen, daß ſich der hygrometriſche Zuſtand in der Zelle unter dem Einfluß einer Ventilazion von 10 Kubikmeter pro Stunde wenig veränderte.

Prüft man nun dieſe Reſultate und bemerkt, daß die äußere Temperatur niedrig blieb, ſo erkennt man leicht den Einfluß, den die Transpirazion auf den hygrometriſchen Zuſtand der Luft ausübte. In der That mußte dieſer Zuſtand abnehmen; die Quantität Waſſerdampf, die am Ende des Aufenthaltes in der Zellenluft enthalten war, mußte beinahe um die Hälfte geringer ſein als die, welche man in der leeren Zelle fand und in der in Folge der Ventilazion die Luft in demſelben Zuſtande und beinahe auf derſelben Temperatur ſtand als die äußere Luft, was unter den angenommenen Bedingungen und noch mehr unter der Vorausſetzung, daß nämlich die Wände des Gemachs gar keine hygroſkopiſche Kraft hätten, nothwendig der Fall ſein müßte.

In der Verſuchszelle, deren Wände mit Oel angeſtrichen waren, ſcheinen die hygroſkopiſchen Wirkungen wenig Einfluß darauf gehabt zu haben, den hygrometriſchen Zuſtand der Mitte niedriger zu ſtellen und die Wirkungen der Transſpirazion zu kompenſiren. Derſelbe Fall findet nicht ſtatt, wenn die Wände ausgetäfelt, mit Lambri's verſehen, oder mit Papier überzogen ſind. Als ein Mitglied der Kommiſſion ſich in einem verſchloſſenen Kabinet von 13m5 Rauminhalt aufhielt, deſſen Wände mit Papier überklebt waren, konnte es während eines zehnſtündigen Aufenthaltes darin keine Veränderung in dem hygrometriſchen Zuſtand der Luft bemerken. Die Temperatur betrug anfänglich 21°5, und 21°8 am Ende des Aufenthaltes; der anfängliche hygrometriſche Zuſtand war 0,75 und veränderte ſich nicht um 0,01.

Die aus dieſem Berichte gezogenen Schlüſſe ſind folgende: 1. die Ventilazion muß als das Hauptmittel zur Verbeſſerung des Sanitätszuſtandes betrachtet werden; 2. die Ventilazion muß wenigſtens 10 Kubikmeter pro Gefangenen und pro Stunde betragen; 3. die Temperatur der Zellen muß auf 15° erhalten werden.

In Folge des Berichtes einer Unterkommiſſion, welche beauftragt war die verſchiedenen Syſteme der Senkgruben und der Ausleerung derſelben zu unterſuchen, nahm die Generalkommiſſion als die zweckmäßigſte Dispoſizion in dem vorliegenden Falle einen feſten Abtritt für jede Zelle mit einem Fallrohr an, das zur Ventilazion dienen ſollte.

Die Modifikazionen, welche die Kommiſſion an dem Entwurfe Grouvelle's vornehmen zu müſſen glaubte, beſtanden in folgendem:

1. das für jede Zelle zu liefernde Luftquantum auf 10 Kubikmeter pro Stunde feſtzuſetzen;

2. die beſtändige Temperatur der Zellen auf 15° zu erhöhen;

3. eine doppelte Warmwaſſercirkulazion und in entgegengeſetzter Richtung in dem unter den Balkons liegenden Kanal herzuſtellen, damit an jedem Punkt des Umlaufs die mittlere Temperatur der Röhren beinahe konſtant iſt; und

4. die Ventilazion der Zellen durch die Fallröhren der Abtritte zu bewirken.

Mit Rückſicht auf dieſe Modifikazionen wurde das Projekt Grouvelle's von dem Miniſter des Innern am 14. Mai 1845 genehmigt; die Arbeiten begannen nach den Angaben der Kommiſſion. Im Jahre 1849 ernannte der Präfekt des Seinedepartements eine Specialkommiſſion zu dem Zweck, die in dem Zellengefängniß Mazas von Grouvelle ausgeführten Arbeiten und Heiz- und Ventilazionsapparate zu unterſuchen. Dieſe Kommiſſion glaubte, ſich nicht auf eine bloße Beurtheilung oder Inſpekzion der Apparate und auf einige flüchtige Verſuche zu beſchränken, ſondern die Apparate wenigſtens ein Jahr hindurch den gründlichſten Unterſuchungen zu unterziehen. Die Kommiſ-

Digitized by Google

ſion konnte ihre Arbeiten erſt am 14. Febr. 1850 beginnen, weil von dieſer Zeit an erſt ein Theil der Apparate in regelmäßigen Betrieb geſetzt werden konnte.

Am 30. April 1851 endlich ſtattete die Kommiſſion einen umſtändlichen Bericht ab, in welchem ſie ihre definitive Meinung über den fraglichen Gegenſtand ausſprach; eine Meinung, welche auf Verſuchen beruhte, die länger als ein Jahr hindurch ſowohl vor als nach der Beſetzung des Etabliſſements durch die Gefangenen fortgeſetzt wurden. In Nachſtehendem iſt das Weſentliche dieſes Berichtes enthalten.

Anordnung des Gebäudes. Das Zellengefängniß der Angeſchuldigten beſteht aus 6 Hauptgebäuden, welche ſtrahlenförmig von einem gemeinſchaftlichen Centralbau ausgehen. In der Mitte eines jeden dieſer Gebäude befindet ſich ein großer Korridor, der ſich bis zum Dache erhebt und bis zur Giebelmauer läuft, wo ein durch alle Etagen reichendes Fenſter denſelben erhellt. An jeder Seite ſowohl im Erdgeſchoß als in den beiden obern Etagen liegen die Zellen, deren Zahl 1200 beträgt und wovon jede einen körperlichen Inhalt von 20 Metern enthält.

Princip der Heizung. Das Princip, auf welchem das Heizſyſtem Grouvelle's beruht, iſt die Erwärmung der Luft durch ihre Berührung mit Röhren, in denen heißes Waſſer cirkulirt. Was dieſes Syſtem zu einem eigenthümlichen geſtaltet, iſt die Transmiſſion der Wärme vermittelſt des Dampfes, der in den in den Kellern aufgeſtellten Generatoren erzeugt wird und zu Waſſerreſervoirs ſtrömt, die in verſchiedenen Etagen aufgeſtellt ſind und zur Cirkulazion dienen. Bei dieſem Syſtem findet die Cirkulazion des heißen Waſſers nur unter ſehr ſchwachem Drucke ſtatt, und die verſchiedenen Etagen ein und deſſelben Gebäudes ſind in Beziehung auf die Heizung nicht ſolidariſch, denn dieſe kann für jede Etage beſonders bewirkt werden.

Ventilazion. Sie wird durch den Zug eines großen Schornſteines von 4 Quadratmeter Querſchnitt und 29 Meter Höhe im Centralpunkt der Gebäude erzeugt. Die in das Innere der Zellen geführte und zur Ventilazion beſtimmte Luft wird im Winter durch die Berührung mit Warmwaſſerröhren erwärmt. Die geſammte Luftmaſſe, welche durch die Ventilazion von den Zellen ausgeſtoßen wird, fällt durch die Abtrittsröhren der Zellen hinab, welche bis zum Keller gehen. Die Ventilazion hat den Zweck, in den Zellen reine atmoſphäriſche Luft zu erhalten, indem ſie ihnen eine Quantität äußere Luft zuführt, welche hinreichend iſt, um die durch das Ein- und Ausathmen der Gefangenen verdorbene Luft zu erſetzen; auch muß ſie kräftig genug ſein, um die Ausdünſtung der Abtrittsröhren zu verhindern.

Anordnung der Apparate in den Gebäuden. In jedem Flügel und längs des Korridors befinden ſich in der erſten und zweiten Etage Balkons, auf denen ſich die Zellen öffnen, und unter welchen ſich rechts und links Kanäle befinden, in welchen die gußeiſernen Röhren liegen, die parallele Umläufe bilden, welche das heiße Waſſer in entgegengeſetzten Richtungen durchſtrömt, damit überall eine möglichſt gleichmäßige Temperatur erzeugt werde. Im Erdgeſchoß liegen dieſe Röhren in einem Kanal unter dem Boden des Korridors und ſtets am Fuß der Zellen. Die Kanäle unter den Balkons ſind in der Richtung der Zellenſcheidemauern durch Querwände getrennt. Jede dieſer Abtheilungen ſtand anfänglich mit der Atmoſphäre durch einen in dem Boden der Zelle gelegenen Kanal in Verbindung, doch wurde dieſe Anordnung in der Folge durch Kommunikazionen mit der Luft des Korridors erſetzt, wovon ſpäter die Rede ſein wird. Dieſelben Räume ſtehen mit den Zellen durch einen Kanal in Verbindung, der ſich mit mehreren Gittern endiget.

Jeder Kreislauf der Warmwaſſerröhren kommunicirt mit einem Reſervoir, in welchem das Waſſer durch die Kondenſazion des Dampfes, der in einer Serpentine cirkulirt, erhitzt wird. Sechs Keſſel führen den Dampf durch eine Hauptleitung zu allen Reſervoirs. In jeder Zelle befindet ſich ein Abtritt, der aus einem gußeiſernen Gefäß und einem Abfallrohr beſteht, das bis zu einer Kothtonne führt. Alle Tonnen ein und deſſelben Flügels ſtehen in einer unterirdiſchen Galerie, welche eine gleiche Länge mit dem Korridor hat, auf deſſen Seiten die Zellen liegen. Dieſe ſechs unterirdiſchen Galerien ſtoßen mit ihren zunächſt aneinander liegenden Enden an einen gemeinſchaftlichen ringförmigen Kanal, der mit der großen Zugeſſe in Verbindung ſteht. Die andern Enden kommuniciren mit dem Aeußern, ſind aber durch vollkommen dichte Doppelthüren geſchloſſen und geſtatten einem Wagen den Zugang, der auf einer Eiſenbahn läuft und zum Transport der Fäſſer beſtimmt iſt.

Digitized by Google

Aus den angegebenen Dispoſizionen geht hervor, daß wenn das Waſſer der Reſervoirs durch den in den Schlangenröhren cirkulirenden Dampf erwärmt iſt, ſich in Folge der Ungleichheit der Temperatur eine Cirkulazion zwiſchen den Reſervoirs und den Röhren herſtellt, die von dieſen Reſervoirs ausgehen und an den Zellen hinlaufen. Die Cirkulazion findet auf eine kontinuirliche Art ſtatt, denn das Waſſer in den Röhren kühlt ſich beſtändig ab und kehrt in die Reſervoirs zurück, um ſich wieder zu erwärmen. Da das Feuer der im Keller ſtehenden Zugeſſe beſtändig brennt, ſo entſteht dadurch ein Anſaugen der Luft aus den Zellen durch die Abfallröhren, welche Luft die unterirdiſchen Galerien durchſtreicht und zum Lockfeuer gelangt. Die Thüren dieſer Galerien ſind gut geſchloſſen und es kann kein Anſaugen der äußern Luft ſtattfinden. Nach Maßgabe als die Luft aus den Zellen entweicht, wird ſie durch die aus den Korridoren kommende und durch ihre Berührung mit den Warmwaſſerleitungsröhren erwärmte Luft erſetzt.

Einrichtung zur Regulirung der Ventilazion in den Zellen. Um dieſe Regulirung zu bewirken, hat man das Abfallrohr, deſſen unteres Ende in eine geſchloſſene Tonne reicht, mit einem Seitenarm verſehen, der durch einen Deckel geſchloſſen wird, in welchem eine Oeffnung befindlich iſt, deren Querſchnitt vermittelſt einer Drehklappe nach Belieben vergrößert oder vermindert werden kann.

Um die vorſtehende Beſchreibung anſchaulicher zu machen, laſſen wir jetzt die Erklärung der Zeichnungen auf Blatt **611—613** folgen. Fig. 1 Blatt **611** iſt der ſenkrechte Durchſchnitt eines Zellenflügels; jede Zelle iſt $3^m 75$ lang, $2^m 0$ breit und $3^m 0$ hoch und enthält einen Gasbrenner ſo wie einen Abtritt C mit ſeinem Abfallrohr, das gleichzeitig zur Ventilazion dient und wohin die Luft zwiſchen dem Deckel und dem Gefäß eindringt. A und B ſind die gußeiſernen Warmwaſſerröhren unter dem Balkon in dem mit einer Gipsplatte geſchloſſenen Kanal. Die Luft des Korridors tritt in den Kanal durch die in der Gipsplatte befindlichen Oeffnungen und dringt durch die Oeffnungen D, welche mit durchbrochenen gußeiſernen Platten geſchloſſen ſind, in die Zellen; G ſind die Expanſionsgefäße der Waſſercirkulazion. In Fig. 2 iſt der Grundriß der Keller mit den 6 Dampfkeſſeln A dargeſtellt; B iſt ein unterirdiſches Rohr, welches den Rauch zu dem gemeinſchaftlichen Schornſtein B′ abführt; C ſind die Speiſereſervoirs für die Dampfkeſſel; D die Dampfröhren, E Gefäße voll Waſſers, das durch den Dampf erwärmt iſt und zur Beheizung der Zellen des Erdgeſchoſſes dient. Blatt **612** Fig. 1 iſt der horizontale Durchſchnitt der Ventilazionskanäle unter dem Boden; A ſind die Keller unter den Korridoren der Zellenflügel, welche die Kothtonnen enthalten, in welche die gleichzeitig zur Abführung der verdorbenen Luft aus den Zellen dienenden Abfallröhren münden; B ſind die Doppelthüren dieſer Keller; C die an ihren Enden verengten Kanäle, welche die verdorbene Luft zu dem ringförmigen Kanal D führen, der mit dem Zugofen E in Verbindung ſteht. In Fig. 2 iſt dieſer Theil in größerm Maßſtabe dargeſtellt. Fig. 3 iſt der ſenkrechte Durchſchnitt der Fig. 2 nach der Achſe des developpirten Kanals D; Fig. 4 ſenkrechter Durchſchnitt nach der gebrochenen Linie r s t in Fig. 2; A B iſt ein kreisförmiger mit gußeiſernen Platten bedeckter Kanal, in welchem ein Theil des Rauches der Generatoren cirkulirt, um die Rotunde zu erwärmen. Fig. 5 und 6 ſind Durchſchnitte nach zwei ſenkrechten rechtwinkligen Ebenen des Kanals a b in Fig. 2, woraus ſich die Einrichtung der Regiſter erkennen läßt, die zur Regulirung der allgemeinen Ventilazion der verſchiedenen Gebäude dienen. Fig. 7 iſt ein vertikaler Durchſchnitt nach x y in Fig. 2, woraus man ſieht, daß die Luft in dem Raume a b zwiſchen den beiden Gewölben cirkulirt; der darunter befindliche Raum iſt für den Durchgang der Wagen beſtimmt, durch welche die Gefangenen ihre Nahrung erhalten; Fig. 8 und 9 ſenkrechter Durchſchnitt nach t u in Fig. 2 und horizontaler Durchſchnitt des Zugofens, worin A die Rauchröhre für die Generatoren, B das Lockfeuer, C gußeiſerner Kranz, der an ſeinem obern Theil mit vielen Oeffnungen durchbrochen iſt, einen Theil der von dem Lockfeuer ſich entbindenden Gaſe aufnimmt und ſie gleichförmig in den Querſchnitt des Schornſteins vertheilt; D iſt ein Rohr, das den Rauch, der unter den Platten der Rotunde cirkulirt hat, in den gemeinſchaftlichen Schornſtein der Generatoren führt. Auf Blatt **611** iſt Fig. 3 der Durchſchnitt von dem Theile eines Zellenflügels, welcher der Rotunde vor den Zellen zunächſt liegt; A ſind die vom Dampf erwärmten Waſſerreſervoirs, von wo aus die unter den Balkons liegenden Röhren geſpeiſt werden; B Geländer von zwei

Digitized by Google

Brücken, die den Korridor durchſchneiden und unter denen ſich die Warmwaſſerröhren befinden, die mit der Cirkulazion an der rechten Seite korreſpondiren; C ſind die mit den Warmwaſſerröhren kommunicirenden Gefäße, welche dazu beſtimmt ſind die Ausdehnung des Waſſers zu geſtatten und die Röhren ſtets voll zu erhalten; ſie ſtehen an dem der Galerie entgegengeſetzten Ende. In dieſem Durchſchnitt iſt das Gewölbe nicht ſo hoch als in dem Theil des Gebäudes, der die Zellen enthält. D iſt ein Reſervoir mit kaltem Waſſer zum Gebrauch der Gefangenen; E ein von der Luft der Ventilazion durchſtrichener Raum; das daſelbſt erſichtliche Gitter hat den Zweck die Kommunikazionen abzuſchneiden. Die Fig. 4, 5 und 14 ſtellen den Aufriß, einen ſenkrechten Durchſchnitt und einen horizontalen Durchſchnitt eines Warmwaſſerreſervoirs dar; Fig. 8 iſt der Aufriß eines Expanſionsgefäßes in größerem Maßſtabe; Fig. 9 und 10 Anſicht und Durchſchnitt eines Kompenſators; Fig. 12 und 13 Aufriß und Durchſchnitt eines Hahns; Fig. 11 Durchſchnitt des Kanals unter dem Balkon, worin die Heizröhren liegen. Blatt 613 Fig. 1 und 3 zeigt einen Theil des Längendurchſchnittes eines Zellenflügels in einer Entfernung von einer Seite, an welcher die Zellenthüren liegen, die beiläufig der Hälfte des Balkons gleich iſt. A iſt das Gefäß, worin das Waſſer durch Dampf erwärmt wird, B ſind die Cirkulazionsröhren, C die Expanſionsgefäße, D die Abfallröhren der Abtritte, D' Oeffnungen zum Einlaß der Luft aus dem Korridor in die durch die Warmwaſſerröhren erwärmten Leitungen, D'' Einlaßöffnungen für die unter dem Boden ſich befindenden Leitungen; E Einlaßöffnungen für die heiße Luft in die Zellen, F Zellenthüren, G Schaulöcher, H ſenkrechte Blechplatten, welche der Gefangene nach Belieben herabläßt, wenn er mit einem Wärter ſprechen will. In dieſer Fig. ſieht man zwiſchen zwei Querwänden a und b gegenüber einer Zelle vier Oeffnungen c d e f; es bleibt davon aber nur noch eine, die Oeffnung d, welche die Luft in die Zelle führt; die Oeffnung c war dazu beſtimmt, die von außen genommene Luft herbeizuführen; ſie wurde erſetzt durch die, welche mit D' bezeichnet iſt; die beiden andern, welche in einem kleinen Raum enthalten waren, der durch die Wände b und g geſchloſſen wurde, kommunicirten mit den Oeffnungen, die man oben und unten in der Zelle angebracht hatte; ſie waren dazu beſtimmt, die Zelle zum Theil durch Cirkulazion und zwar in einer Epoche zu heizen, wo man glaubte, daß eine Ventilazion von 10 Kubikmeter Luft pro Zelle und Stunde für den Sanitätszuſtand hinreichend wäre; ſie wurden wie auch die Wand g abgeſchafft. Fig. 2 iſt ein Theil des Grundriſſes von einem Flügelgebäude; A ſind die Abtrittsſitze, B die von der warmen Luft durchzogenen Kanäle (die in der Mauerſtärke angebrachten Oeffnungen, welche mit m bezeichnet ſind, kommuniciren mit der Oeffnung f in Fig. 1, wovon bei Erklärung der Fig. 3 die Rede war). Fig. 3 zeugt unten den vertikalen Durchſchnitt von einem Theile des unter jedem Flügel liegenden Kellers; jedes Fallrohr iſt ſeitwärts mit einem Aufſatz verſehen, durch den die Luft entweicht und der mit einem mit Heu ausgeſtopften Deckel verſehen iſt, welche Einrichtung den Zweck hat, den Schall zu entkräften, ſo daß ſich die Gefangenen durch die Röhren nicht verſtändigen können. Durch das mehr oder mindere Hineinſchieben dieſes Deckels oder Zapfens wird die Ventilazion der Zelle regulirt. Fig. 4 iſt der Grundriß von Fig. 3; man bemerkt hier die kleine Eiſenbahn und den Wagen zum Wegſchaffen der Fäſſer, ſo wie auch die beiden Thüren, welche der von dem Zugofen angeſogenen Luft niemals den Zutritt zu den Kellern geſtatten.

Syſtem der Verſuche zur Unterſuchung der Heizung und Ventilazion. Um die Temperatur der Zellen zu meſſen, bediente man ſich einer Zahl von etwa 100 Thermometern, die vorher miteinander verglichen waren, ſo daß man die Ueberzeugung gewann, daß ſie Angaben bis wenigſtens auf ein Viertel Grad (Celſius) lieferten. Jeder Thermometer war in einer Höhe von 1m50 vom Boden der Zelle und in jeder derſelben in gleicher Lage angebracht. Die ſehr zahlreichen Beobachtungen wurden im ganzen Gebäude zu gleicher Zeit angeſtellt.

Die Ventilazion wurde mit Combes'ſchen von Newmann konſtruirten Anemometern gemeſſen. Zur Meſſung der Luftſtrömungen in dem Umfangskanal, welcher an die Zugeſſe ſtößt, bediente man ſich eines gewöhnlichen Anemometers, der eine Geſchwindigkeit von 0m12 in der Sekunde angab. Für die Ventilazion der Zellen ſelbſt aber gebrauchte man ein empfindlicheres zu dieſem Zwecke beſonders konſtruirtes Inſtrument, das man erſt eintheilte, als es ſich in ſei-

Digitized by Google

nem Rohre befand, welches ein Cylinder von 0m12 Durchmeſſer war, der unterhalb in einen Kegel ausging, deſſen Baſis mit einem Rand und einem Tuchſtreifen verſehen war, der ſich genau an die Ränder der Oeffnung des Sitzes anlegte. Dieſer Anemometer war für eine Geſchwindigkeit von 0m08 pro Sekunde empfindlich. Um die Meſſung der Ventilazion eines ganzen Zellenflügels zu meſſen, wurde der gewöhnliche Anemometer nacheinander auf mehreren Punkten in dem Querſchnitt des Kanals aufgeſtellt, welcher die Keller mit dem Feuer verbindet, um die durchſchnittliche Geſchwindigkeit der Ströme zu ermitteln. Dieſe Verſuche dauerten mit der nöthigen Regelmäßigkeit vom 14. Februar 1850 bis zum 30. April 1851, und jedesmal fand eine Kontinuität der Beobachtungen ſtatt, wenn es ſich um die Beſtätigung einer wichtigen Thatſache handelte. Alle Verſuche wurden nach dem Datum in einem Regiſter aufgezeichnet, das zur Aufſtellung einer gewiſſen Anzahl von Tabellen diente, welche die für die Heizung und Ventilazion bedeutendſten Verſuche zuſammenfaßte und welche weiter unten näher bezeichnet ſind.

Wie bereits erwähnt, waren die Reſultate ſo regelmäßiger Art, als man ſie für die Heizung der verſchiedenen Etagen nur wünſchen konnte. Man gewann auch gleichzeitig die Ueberzeugung, daß der Ventilazionsofen eine viel größere Kraft beſaß, als erforderlich geweſen wäre, indem ſie 30000 Kubikmeter pro Stunde betrug, was einer durchſchnittlichen Lufterneuerung von 25 Kubikmeter pro Zelle und Stunde anſtatt 10 Kubikmeter entſprach, welche letztere Quantität von den Unternehmern nur herbeizuſchaffen iſt. Es wurde ferner wahrgenommen, daß man mit Hilfe von Regiſtern in den von den Souterrains nach dem Zugofen führenden Leitungen die allgemeine Ventilazion ſo vertheilen kann, daß ſie für alle ſechs Zellenflügel beinahe gleich iſt. Die Analyſen der von zwei bewohnten, zwei Etagen ein und deſſelben Flügels angehörenden und mit 25 Kubikmeter pro Stunde ventilirten Zellen lieferte den Beweis, daß das Verhältniß von Kohlenſäure, die durch die Reſpirazion erzeugt wird, ein Tauſendtheil nicht überſteigt.

Bei der urſprünglichen Einrichtung fand die Einſtrömung der Luft durch Oeffnungen an der äußern Faßade der Gebäude ſtatt, was aber die Folge hatte, daß ſowohl die Heizung als die Ventilazion durch den Einfluß der Winde und der Sonne bedeutenden Veränderungen unterworfen waren; oft entwich die Luft aus den die Waſſereirkulazionsröhren enthaltenden Kanälen durch die Luftfänge, und dann drang die Luft der Korridore unterhalb der Thüren ein und bewirkte die Ventilazion der Zellen. Auf den desfalſigen Bericht der Kommiſſion wurde die von Grouvelle vorgeſchlagene Veränderung vorgenommen, welche darin beſtand, die Luft aus den Korridoren zu nehmen und einen jeden derſelben durch einen beſondern Luftfang zu ſpeiſen. Seit dieſer Zeit und nachdem die Veränderungen vollendet, wurden die Verſuche in allen Gebäuden wiederholt und lieferten den vollſtändigſten Beweis für die Zweckmäßigkeit derſelben.

In dieſem Zuſtande nun wurde die Temperatur während des Winters auf 13 bis 16° in allen bewohnten Gebäuden erhalten und nur wenige Unterbrechungen fanden wegen zufälliger und momentaner Hinderniſſe in der Heizung ſtatt. Es iſt zu bemerken, daß die Temperatur auf einem höhern Grad hätte erhalten werden können, wie man ſich deſſen verſichert hat; es war indeß dieſe Grenze durch die Sanitätskommiſſion feſtgeſetzt worden. Die Reſultate der Verſuche der Kommiſſion wurden durch die Angaben des Gefängnißdirektors beſtätigt, welcher die Temperatur der Zellen täglich und überall unterſuchte. Was die Ventilazion betrifft, ſeit die Nothapparate nach den oben angegebenen Vorſchriften aufgeſtellt wurden, ſo hat ſie ſich für die verſchiedenen Zellen der ſechs Flügel und für alle Etagen hinreichend gezeigt. Es wurde erhoben, daß dieſe Ventilazion gewöhnlich zwiſchen 15 und 25 Kubikmeter pro Zelle und Stunde betrug.

Obgleich die Verſuche während eines nicht ſtrengen Winters gemacht wurden, ſo ſind ſie doch in Betracht der Ventilazion nicht minder beweiſend, denn bei übrigens gleichen Verhältniſſen ſtrebt ſich die Kraft eines Zugofens zu vermehren, wenn die Temperatur der äußern Luft fällt. Außerdem haben die Verſuche bewieſen, daß es unter den ungünſtigſten Umſtänden möglich war, noch immer eine Ventilazion von 30000 Kubikmeter pro Stunde, oder 25 Kubikmeter pro Zelle zu bewirken.

In Betreff der Heizung könnte der Umſtand des nicht ſtrengen Winters einen poſitiven Beweis in Bezug auf die Kraft der Heizapparate noch in Zweifel ſtellen, wenn alle ſechs Keſſel während des ganzen Win-

Digitized by Google

ters in Funkzion geweſen wären; da aber von ihnen nur vier und bloß zwölf Stunden hindurch an jedem Tage geheizt wurden, ſo kann man die Möglichkeit als gewiß annehmen, daß ſich die verlangte Temperatur auch bei dem größten Froſte erzielen und erhalten läßt, wenn vier Keſſel fortwährend geheizt werden, und zwar um ſo mehr als die große Quantität der von den Mauern aufgenommenen Wärme zur Gleichmäßigkeit der Temperatur beiträgt. Bei außerordentlichen Fällen aber können die für Nothfälle dienenden Keſſel zur Hülfe derjenigen verwendet werden, welche beſtändig in Betrieb ſind. —

Dieſem Berichte der Kommiſſion waren die bereits erwähnten Tabellen beigefügt, welche aber zu weitläufig ſind, um hier mitgetheilt werden zu können; ihre hauptſächlichſten Daten aber ſollten wir nicht übergehen. Die Tabellen A und B hatten den Zweck, die Beobachtung zu machen, welcher Art die progreſſive Erhebung und das Maximum der Temperatur wäre, die man bei einer fortwährenden Heizung während des Winters 1850 in den Zellen erhielt. Die Verſuche fanden in dem Flügel Nr. 6 ſtatt, welcher allein geheizt wurde; ſie dauerten 12 hintereinander folgende Tage, vom 14. bis 25. Februar 1850. Während dieſer ganzen Zeit wurde ohne Unterbrechung Tag und Nacht geheizt, und der Druck des Dampfes wurde beſtändig zwiſchen 2 bis 3 Atmoſphären gehalten. Jeden Tag beobachtete man ein oder zweimal die in 68 Zellen des Erdgeſchoſſes und der erſten Etage beliebig aufgehängten Thermometer. Alle Verſuche geſchahen in unbewohnten Zellen, denn in jener Zeit war das Gefängniß noch nicht beſetzt; die Luftzuläſſe waren noch außerhalb. Folgendes ſind die Reſultate von 960 in den Tabellen verzeichneten Beobachtungen, die in 17 Zellen jeder Etage und jeder Seite um 10 Uhr Morgens und um 4 Uhr Nachmittags gemacht wurden.

Erdgeſchoß, durchſchnittliche Temperatur der Zellen.

Linke Seite 13,58—15,08—15,83—16,67—18,17—18,27—18,07—18,85—19,25—19,10—19,70—19,50.

Rechte Seite 15,50—17,02—17,93—17,68—19,25—19,06—20,56—20,55—20,73—19,42—20,85—20,72.

Erſte Etage, durchſchnittliche Temperatur der Zellen.

Linke Seite 14,83—17,00—17,91—18,40—19,46—20,13— „ —20,15—20,25—20,18—20,80—20,94.

Rechte Seite 16,88—19,12—19,37—19,23—20,47—20,21—22,05—21,67—21,39—21,72—22,64—23,31.

An ein und demſelben Tage und in derſelben Stunde differirten die Temperaturen einer Zellenreihe ſehr wenig.

Es geht aus dieſen Unterſuchungen hervor, daß man bei einer ununterbrochenen Feuerung von wenig Tagen die Temperatur der Zellen im Erdgeſchoß auf 19°50 und 20°72 und in der erſten Etage auf 20°94' 23°31 erhöhte. Die Differenzen, welche man zwiſchen dem Erdgeſchoß und der erſten Etage findet, entſtanden dadurch, daß bei den erſten wegen des Bodens eine wärmere Luft ſtattfand, was bei den andern nicht der Fall war. Die Unterſchiede zwiſchen der rechten und linken Seite entſtanden durch die Lage des Gebäudes gegen die Himmelsgegenden. Die durchſchnittliche äußere Temperatur betrug während der Dauer dieſer Verſuche 7°5.

Die Tabelle C enthält die Reſultate der Verſuche, die in den Ventilazionskellern jedes Gebäudes im Laufe des Winters von 1849—1850 gemacht wurden, und aus welchen hervorgeht, daß bei einer Konſumzion von 13Ku.50 Steinkohlen pro Stunde in dem Zugofen 14800 Kubikmeter Luft pro Stunde ausgeſtoßen wurden, und daß ferner bei einem Verbrauch von 22,33 Steinkohle in derſelben Zeit die Ventilazion ſich auf 24700 bis 30900 Kubikmeter erhob. Während des Sommers 1850 variirte die Ventilazion zur Zeit der größten Hitze bei einem Steinkohlenverbrauch von 20 Kilogr. pro Stunde von 22900 bis 25000.

Die Tabelle D enthält die Reſultate der allgemeinen Ventilazionsverſuche, die im Laufe des Winters 1850—1851 unter denſelben Umſtänden als im vorhergehenden Winter angeſtellt wurden. Es geht daraus hervor: 1. daß ſich die Ventilazion bei einer ſtündlichen Konſumzion von 20 Kilogr. Steinkohle im Zugofen auf 29200 Kubikmeter erhob; 2. daß die Erwärmung des Schornſteins der Dampfkeſſel ſehr wenig Einfluß auf die allgemeine Ventilazion hat, denn nach einer Unterbrechung der Heizung von 24 Stunden betrug die Ventilazion 28200 Kubikmeter anſtatt 29200, folglich

Digitized by Google

nur weniger in dem Verhältniß von 1 : 29 als am vorigen Abend, wo die Keſſel in Thätigkeit waren; 3. daß bei Verminderung der Konſumzion der Zugeſſe von 20 auf 15 Kilogr. pro Stunde die Ventilazion nicht merklich vermindert wurde, weil man ſie zwiſchen 28100 und 31500 Kubikmeter fand; 4 daß die Thätigkeit der Zugeſſe keinen unmittelbaren Einfluß auf die Ventilazion hat, und daß bei ſehr großen Veränderungen in der Thätigkeit der Verbrennung ſich nur geringe Verſchiedenheiten in der Ventilazion erzeugen, denn indem man das Feuer beinahe ganz ausgehen ließ, fand man die Ventilazion nach zwei Stunden Zwiſchenraum 25800 und 24700 Kubikmeter pro Stunde; 5. daß man nach dem völligen Verlöſchen des Feuers im Zugofen, nach der Wegnahme der Kohlen, und nachdem man die kalte Luft durch Thür und Roſt eindringen ließ, um den Ofen mehr abzukühlen, eine halbe Stunde nach dem Auslöſchen des Feuers noch 21500 Kubikmeter Ventilazion pro Stunde, und 1½ Stunde nachher noch 16500 Kubikmeter erhielt. Der geringe Einfluß des Schornſteins der Dampfkeſſel rührt daher, daß der Rauch darin nur eine geringe Temperatur erlangt, weil er ſich bei dem Durchſtreichen unter den gußeiſernen Platten der Centralgalerie abkühlt. Der ebenfalls ſehr geringe Einfluß einer Veränderung in der Konſumzion des Brennmaterials im Zugofen und in der Thätigkeit des letztern kommt daher, daß der Zug eines Schornſteins ſelbſt bei ſehr großer Zunahme der Lufttemperatur ſehr wenig variirt. Die geringe Abnahme des Zuges endlich nach dem Erlöſchen des Feuers hat ihren Grund in der vom Mauerwerk aufgenommenen Wärme, und in der höhern Temperatur der Gebäude gegen die der äußern Luft.

Die Tabellen E und F enthalten die Reſultate der Verſuche, die in Betreff der Temperatur der Zellen im Winter 1850—1851 und zwar im Monat December 1850 täglich, in den Monaten Januar, Februar und März 1851 zu verſchiedenen Zeiten in den ſechs Flügeln angeſtellt wurden. Dieſe Tabellen, welche mehr als 1400 Temperaturangaben enthalten, weiſen es nach, daß die Temperaturen der verſchiedenen Zellen und Korridore in demſelben Augenblick zwiſchen 13 und 16 Grad betrugen. Nachſtehende Tabelle gibt die durchſchnittlichen Temperaturen der ſechs Gebäude während des Monats December an:

	Flügel Nr. 1.	Flügel Nr. 2.	Flügel Nr. 3.
Korridor des Erdgeſchoſſes	15,83	15,05	14,48
Zellen des Erdgeſchoſſes	15,74	14,09	15,56
Zellen des erſten Stockes	13,97	14,28	14,76
Zellen des zweiten Stockes	12,19	15,78	14,44
Korridor der zweiten Etage	13,18	15,58	14,57
	Flügel Nr. 4.	Flügel Nr. 5.	Flügel Nr. 6.
Korridor des Erdgeſchoſſes	„	13,01	14,12
Zellen des Erdgeſchoſſes	„	14,25	13,11
Zellen des erſten Stockes	„	11,87	14,56
Zellen des zweiten Stockes	„	14,89	13,98
Korridor der zweiten Etage	„	14,72	13,59.

Für den vierten Flügel ſind keine Temperaturen angegeben, weil er zu ſpät geheizt wurde und die Einrichtung noch nicht ganz hergeſtellt war. Bei den ſechs Gebäuden iſt es nur die zweite Etage des erſten, in welcher die Temperatur nicht ganz zureichend war, was aber darin liegt, daß man in jener Zeit nur die Cirkulazion des Erdgeſchoſſes heizen konnte. Die durchſchnittliche äußere Temperatur des Monats December betrug 3°89; die Temperatur der Korridore und der Zellen während des Monats Januar, Februar und März betrug 13,50 bis 16 Grad.

Die Tabellen G und H enthalten die Brennmaterialkonſumzion für die Heizung und Ventilirung während des Winters 1850—1851, woraus hervorgeht: 1. daß bei den Gebäuden, wo die Luftfänge im Korridor waren, die Konſumzion für die Heizung 400 Kilogr. pro Gebäude und Tag betrug, um eine durchſchnittliche innere Temperatur von 15°15 bei einer äußern Temperatur von 3°89° und folglich mit einem Mehr von 11°25 zu erhalten; 2. daß bei den Gebäuden mit äußern Luftfängen die durchſchnittliche Konſumzion pro Gebäude und pro Tag 500 Kilogr. betrug, um eine durchſchnittliche innere beinahe einen Grad geringere Temperatur zu erhalten; 3. daß die durchſchnittliche Konſumzion für die Heizung der Adminiſtrazion 150 Kilogr. pro Tag bei denſelben atmoſphäriſchen Verhältniſſen betrug.

Verlangt man nun während der 7 Heizmonate, in welchen die durchſchnittliche Temperatur zu Paris beiläufig 6°50 iſt, eine beſtändige innere Temperatur von 14 Grad, ſo würde das Plus 7°50 ſein, und

Digitized by Google

die durchſchnittliche Konſumzion pro Flügel und Stunde würde betragen 270 Kilogr. und 100 Kilogr. für die Adminiſtrazion. Der geſammte Verbrauch wäre demnach 270,6+100=1720 Kilogr. pro Tag.

Für die Ventilazion beträgt der durchſchnittliche Verbrauch 350 Kilogr. pro Wintertag, und 400 Kilogr. für jeden andern Tag des Jahres; um aber eine Ventilazion von 30000 Kubikmeter pro Stunde zu erhalten, beträgt die Konſumzion an Brennmaterial 20 Kilogr. pro Stunde im Winter, und 25 Kilogr. im Sommer. —

Schlußfolgerung aus den beobachteten Thatſachen. — Nimmt man eine Konſumzion von 20 Kilogr. Steinkohle pro Stunde für eine Ventilazion von 30000 Kubikmeter in der Stunde bei einer äußern Temperatur von 7°5 an, ſo wird das Steigen der Temperatur in der Zugeſſe durch die Gleichung 20.7000=30000.1,3. x:4 gegeben, woraus man erhält x=14,35; die Temperatur dieſer Luft wird ſein 14,35+14=28,35 und ihr Mehrbetrag über die äußere Luft 28°35—7°50=20°85. Es wird hierbei keine Rückſicht genommen auf die Erwärmung der Luft durch das Rauchrohr der Generatoren, das in der Zugeſſe ſteht, weil der Einfluß dieſer Heizung ſehr ſchwach iſt, wie es die Verſuche in der Tabelle D beweiſen. Bei der Höhe der Zugeſſe von 29 Meter erhält man die theoretiſche Geſchwindigkeit der Luft durch die Formel:

$$v=\sqrt{2gHa(t'-t)}=\sqrt{19,62.29.0,00365.20,85}=6^m58,$$

und die Zutrittsgeſchwindigkeit der Luft bei 14 Grad wird ſein 6,58:(1+0,00365. 14,35) = 6m25. Da nun der Schornſtein cylindriſch iſt, 2m15 Durchmeſſer und 3m62 Querſchnitt hat, und da er das Rauchrohr der Oefen aufnimmt, welches 0m80 im Durchmeſſer, und 0m50 im Querſchnitt iſt, ſo folgt daraus, daß der Querſchnitt des Kanals, durch welchen die Ventilazionsluft ſtrömt, bloß 3m62—0m50=3m12 hat. Da der Schornſtein 30000 Kubikmeter Luft pro Stunde, oder 8m33 pro Sekunde abführt, ſo wird die Eintrittsgeſchwindigkeit 8,33:3,12=2,67 ſein. Folglich iſt die wirkliche Geſchwindigkeit nur 2,67:6,25 =0,427 der theoretiſchen Geſchwindigkeit, und folglich iſt die wirkliche Leiſtung nur $(0,427)^2=0,18$ der Leiſtung, welche der Schornſtein hervorbringen würde, wenn die Luft in ihrem ganzen Laufe, von den Zutrittsöffnungen der Luft an bis zur Ausmündung des Schornſteins bei demſelben angeſaugten Luftvolum keine Reibungen zu erleiden hätte.

Bei dieſer Methode die Luft bei ihrem Eintritt in den Schornſtein zu erwärmen, wird die Gleichmäßigkeit der Ventilazion durch die Gleichmäßigkeit der Konſumzion des Feuers erreicht, weil die äußern Temperaturveränderungen in jeder Jahreszeit ohne merklichen Einfluß ſind, und weil die wenig Dauer habenden Veränderungen in der Thätigkeit des Feuers keine Störung in der Ventilazion hervorbringen, wie die Verſuche beweiſen. Es wäre indeſſen zweckmäßig, daß in dem Schornſtein ein Druckanemometer ſich befände, welcher in jedem Augenblick den Stand der Ventilazion anzeigte; er würde als permanente Kontrole der Leiſtung des Heizers dienen

Die Totaloberfläche der der Berührung ausgeſetzten Mauern beträgt beiläufig 13000 Quadratmeter ohne die Gewölbe und Bodenflächen, welche ſehr wenig Wärme durchlaſſen; ihre Stärke iſt 0m60. Die Totaloberfläche der Fenſter iſt 2173 Quadratmeter. Nimmt man die Zahl 15 für die pro Quadratmeter und Stunde (II. Abſchnitt Art. 35) durch die Mauern, und 22 für die durch die Fenſter unter denſelben Verhältniſſen entweichende Luft (II. Abſchnitt Art. 43) an, ſo wird die geſammte Quantität der durch die Mauern und Fenſter verloren gehenden Hitze ſein 13000.15+2173.22=242806. Um die geſammte Wärmequantität, welche von den Oefen geliefert wird, zu erhalten, muß man zu dieſer Wärmequantität diejenige hinzufügen, welche nothwendig iſt, um 30000 Kubikmeter von 7°5 auf 14° zu ſteigern, weil die Luft aus den Zellen bei 14° entweicht, eine Quantität, welche gleich iſt 30000.1,3.6,5.0,25=63375, und davon abziehen die 40 Wärmeeinheiten, welche für jeden Gefangenen erzeugt wird und gleich iſt 40.1200 =48000. Man findet alſo 242806+63375—48000 =258181, eine Wärmemenge, welche zu 3750 Einheiten pro Kilogr. Steinkohle (durchſchnittlicher Werth, welcher die Erzeugung von 1 Kilogr. Dampf darſtellt, wenn das Speiſewaſſer 100 Grade hat) gleich iſt 68Kil.85 Steinkohle und pro Tag 68,85.24=1652Kil.4, während die durchſchnittliche Konſumzion 270.6=1620 Kilog. beträgt. Dieſer Unterſchied iſt ſicherlich ſo gering als es ſich nur erwarten läßt.

Ueberſicht der Berichte, welche von

Digitized by Google

verſchiedenen Kommiſſionen erſtattet wurden. Im Monat Juni 1850 ernannte der Polizeipräfekt in Folge ſehr lebhafter Klagen von Seite mehrerer Gefangenen eine Kommiſſion, um den Sanitätszuſtand des Gefängniſſes Mazas zu unterſuchen. In dieſer Zeit hatte die Kommiſſion, welche mit der Unterſuchung der Heiz- und Ventilazionsapparate beauftragt war, ihre Arbeit noch nicht beendigt, und die Veränderung der Lage von den Lufteinläſſen war noch nicht in allen Gebäuden ausgeführt worden. Dieſe letzte Kommiſſion fand es für zweckmäßig eine neue Notiz über den gegenwärtigen Zuſtand abzufaſſen und ihre Meinung über die Leichtigkeit auszuſprechen, mit welcher die Fenſter zu öffnen ſind, was von einer großen Anzahl von Gefangenen ſehr dringend verlangt war. Da dieſe Sache bei den Zellengefängniſſen von der größten Wichtigkeit iſt, ſo muß der Theil jener Note, welcher darauf Bezug nimmt, hier in der Kürze mitgetheilt werden.

Wenn das Fenſter einer Zelle offen iſt, und es iſt der Abtritt ganz dicht geſchloſſen, ſo kann man annehmen die Luft iſt ruhig, oder es ſucht ein Wind die äußere Luft in die Zelle zu treiben, oder die Luft wird durch eine entgegengeſetzte Bewegung belebt, und in jedem dieſer Fälle die äußere Oberfläche der Mauer von den Sonnenſtrahlen beleuchtet oder nicht.

Im erſten Falle, alſo bei ruhiger Luft, wird die Eröffnung des Fenſters eine Erneuerung der Zellenluft durch die äußere Luft hervorbringen, und es wird dadurch im Winter bloß eine Erkältung der Zelle ſtattfinden; iſt der Deckel des Abtritts nicht genau anſchließend, ſo wird ein warmer Luftzug erzeugt werden, und die Zelle wird ſich nicht ſo erkälten.

Drängt der Wind die Luft in die Zelle, ſo ſtrömt dieſe in den Korridor; nicht allein die Temperatur der Zelle fällt im Winter, ſondern, was weit ſchlimmer iſt, die durch die Gefangenen verdorbene Luft wird in das gemeinſchaftliche Reſervoir (den Korridor) zurückgewieſen. In dieſem Fall würde ein unvollſtändiger Verſchluß des Abtritts ohne Nachtheil ſein.

Wenn durch die Oeffnung des Fenſters die Zellenluft entweicht, was ſtets an den Seiten der Gebäude ſtattfindet, welche denjenigen entgegengeſetzt ſind, worauf der Wind ſtößt, ſo wird die Luft mit einer größern oder geringern Geſchwindigkeit in die Zelle ſtrömen, und iſt dann der Sitz nicht vollſtändig geſchloſſen, ſo könnte die Luft aus den Unrathsfäſſern in die Zelle geführt werden und die darin befindliche verderben, wozu es nicht nothwendig wäre, daß die Verminderung des äußern Druckes ſehr groß iſt, denn bei Ventilazionen von 10 bis 20 Kubikmeter pro Stunde variirt die Geſchwindigkeit der Luftſtrömung durch die Sitze in die Abfallröhren zwiſchen 0=25 bis 0=50.

Was die Wirkung der Sonne betrifft, ſo iſt es augenſcheinlich, daß dieſe, indem ſie die Mauern erwärmt, die Luft der Zellen nach außen zu ziehen ſtrebt, und daß ſie Wirkungen erzeugen kann, wie vorher bemerkt wurde.

Aus allem dieſen geht hervor, daß die willkührliche Oeffnung der Fenſter jedem regelmäßigen Heiz- und Ventilazionsſyſtem entſchieden entgegen ſteht und daher große Nachtheile herbeiführen kann.

Die von dem Polizeipräfekten ernannte Kommiſſion theilte ſich in zwei Unterkommiſſionen, wovon die eine die Unterſuchung der phyſiſchen, die andere die der moraliſchen Verhältniſſe zum Zwecke hatte, und aus deren Berichten, die im Moniteur vom 8. Auguſt 1850 enthalten ſind, wir die für uns wichtigſten Stellen herausheben:

„Die Kommiſſion hat mehrere Unterſuchungen zu dem Zweck vorgenommen, die Bewegung der Luft außer Zweifel zu ſtellen und ihre Geſchwindigkeit zu meſſen. Indem man z. B. an irgend einer Stelle einer Zelle Rauch hervorbrachte, bemerkte man, wie ſich derſelbe gegen den Abtrittsſitz hinzog und bald in dem unter dem Deckel frei gelaſſenen Raum eingedrungen war. Aus dieſem Grunde findet nach der Ausſage der Gefangenen ſelbſt bei dem Gebrauch der Cigarre oder Pfeife kein Verbleiben des Rauches in der Zelle ſtatt; einige Minuten reichen hin, um ihn ganz vertrieben zu ſehen. Ein anderer Verſuch liefert eine noch weniger zu widerſprechende Thatſache; drei Perſonen nämlich, wovon eine zur Kommiſſion gehörte, ſchloſſen ſich in der Zelle ein und rauchten eine ganze Stunde ohne Unterbrechung; kaum aber hatte ſich der Rauch gezeigt, ſo war er auch ſchon verſchwunden und die Luft behielt bis zum Ende ihre Transparenz.“

„Was die Geſchwindigkeit der Ventilazion betrifft, ſo beſtätigte es der Anemometer, daß jede Zelle pro Stunde 10 bis 25 und ſelbſt 30 Kubikmeter Luft empfing, wobei aber zu bemerken iſt, daß ſolche große

Digitized by Google

Unterſchiede der Luftzuſtrömung in den verſchiedenen Zellen von ſtörenden Einflüſſen abhängen, deren Vorhandenſein wir ermittelten, und von denen weiter unten die Rede ſein wird. Da dieſe Einflüſſe in der ſechſten Abtheilung, wo die von der Kommiſſion in Antrag geſtellten Modifikazionen in Betreff der neuen Anordnung der Luftfänge ausgeführt worden waren, neutraliſirt wurden, ſo erfolgte eine viel gleichere Vertheilung der durch die Ventilazion eingeführten Luft; auch ergeben die erſten in dieſer Abtheilung angeſtellten Verſuche ein Luftquantum von 13 bis 22 Kubikmeter, das pro Stunde in die Zellen eindrang, und wenn die Regulirung vollſtändig beendigt ſein wird, ſo wird auch die Luftvertheilung eine beinahe vollkommene Gleichförmigkeit erlangen. Damit aber dieſe Lufteirkulazion ohne Unterbrechung ſtattfinde, iſt es erforderlich:

1. daß der Zugofen regelmäßig ſeine Dienſte leiſte;

2. daß die der Länge nach laufenden Keller gehörig verſchloſſen werden;

3. daß die äußere Luft nicht veranlaßt werde ſich in Folge des Sonnenſcheins oder von Winden in entgegengeſetzter Richtung zu bewegen.

Da nun dieſe drei Bedingungen nur momentan, oder mit Unterbrechung, oder unvollſtändig erfüllt worden waren, ſo mußte auch bald eine unvollſtändige Ventilazion, bald ein Zurückdrängen der Luft in den Abtrittsſitzen ſtattfinden. . . . .“

„Die dritte Urſache endlich der unregelmäßigen Ventilazion lag in dem ſtörenden Einfluß, der durch die Sonne oder den Wind ausgeübt wird. Dieſe Urſache zeigt ſich mehr als einmal, und wenn ſie nicht kräftig genug war, um die Thätigkeit des Zugofens ganz zu vernichten, ſo hat ſie dieſelbe doch ſehr vermindert, beſonders in den letzten Tagen des Monats Juni, wo die Wärme ſo außerordentlich war, daß einige Gefangene in gewiſſen Stunden des Tages davon ſehr beläſtigt waren. Demnach müſſen wir erklären, daß wir unter denſelben Verhältniſſen an dem Anemometer bemerkt haben, daß die Geſchwindigkeit der Luftſtrömung noch 10 Kubikmeter pro Stunde, alſo das Minimum beträgt, das von der Kommiſſion vorgeſchlagen wurde, welche zur Errichtung des Ventilazionsſyſtems beſtellt war.“

„Es iſt auch hier der Ort zu bemerken, wie wir uns bei unſern Verſuchen überzeugen konnten, daß der Verſchluß der Fenſter für den regelmäßigen Gang der Ventilazion ſehr weſentlich iſt; bei offenen Fenſtern und beſonders beim Winde, hatten wir manchmal einen Zug im entgegengeſetzten Sinne, d. h. die Luft ſtieg durch den Sitz mit einer ſehr großen Geſchwindigkeit auf, und verbreitete ſich ſelbſt in die Galerie. Bei einem unſerer Verſuche zeigte der Anemometer 38 Kubikmeter Luft an, die von dem Unrathskeller in einer Stunde heraufſtrömten; eine Zahl, welche bei den fernern Verſuchen bei weitem überſchritten wurde. Was die Pforten betrifft, ſo iſt der Einfluß von der Art ihres Schließens oder Oeffnens auf die Ventilazion beinahe nichts bedeutend.“

„Dieſer doppelt ſtörende Einfluß der Sonne und des Windes war von der Kommiſſion bezeichnet worden, welche mit der Uebernahme der Apparate Grouvelle's beauftragt war, und in Folge der Bemängelungen der Kommiſſion beeilte ſich dieſer Ingenieur, die Stellen der Luftzuläſſe zu verändern und ſie in das Innere der Galerie ſelbſt zu verlegen, wo ſie vor den atmoſphäriſchen Einflüſſen geſchützt ſind. Bereits iſt eine ganze Abtheilung nach dieſem Syſtem eingerichtet, und wie wir ſchon weiter oben bemerkten, haben die in dieſem Gebäude angeſtellten anemometriſchen Beobachtungen die Erwartungen der Kommiſſion vollkommen gerechtfertigt, und haben bewieſen, daß ſeitdem die Ventilazion in vollſtändigen und regelmäßigen Betrieb geſetzt werden konnte. . . . .“

„Eine große Anzahl von Gefangenen in jeder Galerie und in jeder Etage wurden abgeſondert verhört, um ihren Klagen freien Lauf zu laſſen. Ihre Antwort war beinahe immer dieſelbe; ſie erklärten nämlich, daß die Zelle ihnen als Wohnung vollkommen zweckmäßig erſchien, daß in der Temperatur nichts vorhanden ſei, was ihnen läſtig wäre, daß ſie keinen Luftmangel hätten, und daß ſie ſeit ihrer Einſperrung gar keine Veränderung in ihrer Geſundheit verſpürten. Einige fügten ſelbſt hinzu, daß ſie ſich ſehr glücklich ſchätzen würden, wenn ſie im Zuſtande der Freiheit ſtets eine ähnliche Wohnung inne haben könnten. So lautete die Antwort nicht bloß von denen, welche noch niemals in gemeinſchaftlichen Gefängniſſen zugebracht hatten, ſondern auch von ſolchen, die bereits in andern Gefängniſſen ſaßen.“

„Aus den Einzelnheiten, in die wir näher eingegangen ſind, läßt ſich der Schluß ziehen, daß 1. die

Digitized by Google

Lüftung der Zellen des Gefängnisses Mazas auf eine für die Gesundheit der Gefangenen zuträgliche Art hergestellt werden kann, und daß 2. die Verschließung der Fenster für die Regelmäßigkeit der Ventilazion nothwendig ist..... Wenn sich mehrere Gefangene trotz der zweckmäßigen Lüftung ihrer Zellen über geringere oder größere Beschwerden in der Respirazion beklagten, so lag die Ursache davon in einer speciellen krankhaften Dispoſizion, wie die desfalsigen Untersuchungen gezeigt haben. Mit einem Worte, die Kommission ist der Meinung, daß sowohl nach der örtlichen Untersuchung, so wie nach den Erklärungen der Gefangenen selbst das gegenwärtige System der Inhaftirung unbestreitbare Verbesserungen darbietet, daß sowohl vom Sanitätszustande aus, als auch in moralischer Beziehung alle Bedingungen des Wohlbehagens und der Moralität vereinbart werden können, und daß solche durch die Ausführung der Maßregeln, welche die Kommission in Vorschlag gebracht, auch in Erfüllung zu bringen sind.

II. Das Zellengefängniß in Provins.

Dieses Gefängniß hat dieselbe Einrichtung als das Gefängniß Mazas, enthält aber nur ein einziges Gebäude und darin bloß 39 Zellen. Die Heiz- und Ventilazionsapparate sind von Grouvelle erbaut worden, und sind in allen Punkten wie die in Mazas organisirt, nur mit dem Unterschiede, daß das warme Cirkulazionswasser unmittelbar vom Kessel geheizt wird; die Hitze des Kesselrauches erzeugt die Winterventilazion, und ein besonderer Zugofen bewirkt die Ventilazion im Sommer. Der Flächeninhalt der Mauern beträgt 1059 Quadratmeter, ihre durchschnittliche Stärke ist 0m60, der quadratische Inhalt der Fenster ist 107m50; der Schornstein des Heizofens hat 0m31 im Durchmesser und reicht 5m0 in den Zugofen hinein, der eine Höhe von 18m, 1m06 Durchmesser an der Basis und 0m60 an seinem Kopfe hat.

Die Beobachtungen über das Verhalten der Temperaturen wurden in vier Zellen jeder Etage angestellt, nämlich in der entferntesten, in der nächsten vom Cirkulazionsrohr und in zweien der Mitte von jeder Seite, nördlich und südlich. Sie fanden statt vom 15. März bis 6. April, und die Temperaturen wurden Morgens, Mittags und Abends notirt. Das Mittel der Morgentemperaturen war 14°60, am Mittag 15°35, und am Abend 14°91, der tägliche Durchschnitt folglich 14°95. Die mittlere Temperatur der großen Galerie, welche den Zugang zu den Zellen vermittelt, betrug 15°16, und die der Kanzlei 18°. In den mittäglich gelegenen Zellen war die mittlere Temperatur beiläufig um 1° höher als in den nördlichen Zellen. Die Heizung wurde in der Nacht stets ausgesetzt, und dennoch betrug das Fallen der Temperatur während der Unterbrechung der Heizung niemals mehr als 0°31 und zwar wegen der großen Wärme, die von den Mauern aufgenommen worden war, und die noch das warme Wasser enthielt. Die äußere mittlere Temperatur am Tage stand in der Zeit, wo die Versuche gemacht wurden, auf 6°; da aber die Nächte sehr kalt waren, so war die mittlere Temperatur des Tages und der Nacht viel niedriger. Die Aussagen des Kerkermeisters, des Aufsehers und aller Gefangenen über die Temperatur in den kältesten Tagen des Winters sind einstimmig und sehr befriedigend; einige Gefangene beschwerten sich über Wärme, Niemand aber über Kälte. Im Falle einer größern Kälte muß die Heizung über die gewöhnliche Dauer verlängert werden.

Die Versuche in Betreff der Ventilazion fanden in den Abfallröhren der Zellen und in dem Zugofen statt, und folgendes sind die Resultate davon:

Volles Feuer unter dem Kessel. — Im Zugofen kein Feuer.

Durchschnittliches Luftvolum, das pro Stunde aus jeder Zelle strömte:

Erdgeschoß	—
Erstes Geschoß	59m4
Zweites Geschoß	81,0.
Durch den Schornstein geströmtes Luftvolum	3400,0.

Vertheilt man diese 3400 Meter unter die 39 Zellen, so erhält man für jede eine Ventilazion von 87 Kubikmetern; das Mittel der Ventilazionen der Zellen, welche direkt gemessen wurden, betrug bloß 70 Meter.

Das Feuer unter dem Kessel seit 12 Stunden gelöscht. — Im Zugofen auch kein Feuer.

Erdgeschoß, mittleres Luftvolum, das pro Stunde aus jeder Zelle strömte	32m4
Erstes Geschoß	28,8.
Zweites Geschoß	16,0.
Durch den Schornstein geströmte Luft . .	1051,0.

Folglich beträgt das durch jede Zelle geströmte Luftquantum 27 Meter nach Abzug der durch den Schornstein

Digitized by Google

geſtrömten Luft; das durch die Zellen geſtrömte durchſchnittliche Luftvolum, das nach den direkten Beobachtungen in einigen derſelben ermittelt wurde, betrug 25^m7.

Seit 6 Tagen das Feuer gelöſcht.

Erdgeſchoß, Mittagſeite, durch die Zelle pro Stunde geſtrömte Luft	24^m4.
Erſter Stock	34^m5.
Zweiter Stock	7^m0.
Luftvolum durch den Schornſtein pro Stunde	1134^m0.

Bei den Verſuchen war ſo wenig Feuer im Schornſtein als im Ofen. Die Ventilazion der gegen Norden liegenden Zellen war durchaus gar nicht vorhanden.

Feuer des Keſſels gelöſcht. — Zugofenfeuer angezündet.

Erdgeſchoß, Nordſeite, Luftvolum, pro Stunde durch die Zelle geſtrömt	64^m8.
Erdgeſchoß, Mittagſeite	43^m4.
Erſter Stock Nordſeite	97^m2.
„ Mittagſeite	72^m7.
Zweiter Stock Nordſeite	95^m7.
„ Mittagſeite	80^m0.
Durch den Schornſtein pro Stunde geſtrömte Luftquantität	2940^m0,

folglich für die Ventilazion jeder Zelle 75^m4; die mittlere Ventilazion der Zellen nach den in großer Anzahl gemachten Verſuchen betrug 75^m6.

Das Brennmaterial für die Heizung war Torf; der durchſchnittliche Verbrauch desſelben 367 Kilogr., was etwa 175 Kilogr. Steinkohle gleich iſt. Der durchſchnittliche Verbrauch des Zugofens iſt nicht ermittelt worden.

Aus dieſen Verſuchen geht hervor:

1. daß die im Vertrag feſtgeſetzte Temperatur erreicht iſt und überſchritten werden kann;

2. daß die gehörig gleichförmig vertheilte Ventilazion diejenige bei weitem überſteigt, welche erlangt worden iſt;

3. endlich, daß ſelbſt bei einer längern Unterbrechung des Feuers die Temperatur und die Ventilazion unbedeutende Verminderungen erleiden.

Nimmt man nun an, daß die Wärmemenge, welche durch die der Luft ausgeſetzten Fenſter entweicht, pro Quadratmeter und Stunde, 22 Wärmeeinheiten, (Abſchn. II. §. 35) und daß die von den Mauern unter gleichen Bedingungen durchgelaſſene Wärme 15 (Abſchn. II. §. 43) beträgt, ſo iſt der Totalverluſt der Wärme durch die Fenſter und Mauern $107,5 . 22 + 1059 . 15 = 18250$ Wärmeeinheiten, und da das pro Stunde durchgeſtrömte Luftvolum 3400, die äußere Temperatur 6° war, ſo iſt die zur Steigerung dieſer Luftmaſſe von 6° auf 15° oder zu 9° nöthige Wärmequantität $= 3400 . 1,3 . 9 : 4 = 9945$, und folglich betrug der geſammte Wärmeaufwand $18250 + 9954 = 28195$, was zu 3750 pro Kilogr. Steinkohle 7,51 Kilogr., und folglich eine tägliche Konſumzion von beiläufig 180 Kilogr. gibt.

Was die Ventilazion betrifft, ſo iſt dieſelbe bei der vorletzten Reihe von Verſuchen, welche gemacht wurden, nachdem das Feuer ſeit 6 Tagen gelöſcht war, ſicherlich nur durch die Temperatur der innern Luft erzeugt worden, welche höher war als die äußere. Da der Durchſchnitt des Schornſteins an der Krone 0^m60, ſein Durchſchnitt 0^m282, und das durchgeſtrömte Luftvolum 1134 Meter pro Stunde, oder $1134 : 3600 = 0^m315$ pro Sekunde betrug, ſo entwich ſie aus dem Schornſtein mit einer Geſchwindigkeit von $0^m315 : 0,282 = 1^m117$. Da nun für eine 9° höhere Temperatur und eine Höhe von 18^m0 die theoretiſche Geſchwindigkeit 3^m407 iſt und für das Anſaugen der Luft bei einer Temperatur von 6° die Geſchwindigkeit $3407 . (1 - 0,00365 . 9) = 3^m29$ ſein wird, ſo ſtellt ſich das Verhältniß der wirklichen Geſchwindigkeit zur theoretiſchen auf 0,33.

Bei den letzten Verſuchen mit der Ventilazion hat man, als das Feuer brannte, die pro Stunde verbrannte Quantität Brennmaterial nicht angegeben, doch kann man ſie nach dem vorhergehenden Reſultat ſehr leicht ermitteln, weil das Verhältniß der wirklichen zur theoretiſchen Geſchwindigkeit dasſelbe bleibt. Die Strömung des Luftvolums betrug 2940 Meter pro Stunde und 0^m816 pro Sekunde, und folglich war die Eintrittsgeſchwindigkeit in den Schornſtein $0^m816 : 0,282 = 2,893$; die theoretiſche Geſchwindigkeit ſollte ſein $2,893 : 0,33 = 8,76$. Hiernach findet man leicht vermittelſt der Formel $v = \sqrt{2gt}$, welche ſich im gegenwärtigen Fall auf $v = \sqrt{1,29t}$ reducirt, daß der Ueberſchuß der Temperatur der Luft in dem Schornſtein 59° ſein müßte, und daß, um dieſe enorme Ventilazion von 75 Kubikmetern pro Individuum und Stunde hervorzubringen, pro Stunde $2940 . 1,3 . (59 - 15) : 4 = 42042$ Wärmeeinheiten hätten aufgewendet werden müſſen, was $42072 : 7500 = 5^{88.60}$ Steinkohlen entſpricht. Wir nehmen 7500 als die Heizkraft der Steinkohlen

Digitized by Google

an, weil alle Hitze, die ſie erzeugt, verwendet wird. Reducirte man die Ventilazion auf die Zahl von 15 Kubikmetern pro Zelle und Stunde, was hinlänglich iſt, ſo wäre die totale Ventilazion pro Stunde 39.15=585 Meter und pro Sekunde 585 : 3600 = 0,16; die Eintrittsgeſchwindigkeit in den Schornſtein 0,16 : 0,282 = 0,57; die theoretiſche Geſchwindigkeit 0'57 : 0,33 = 1m72, und um ſie zu erhalten würde ein Temperaturüberſchuß von einigen Graden im Schornſtein, und ein unbedeutender Brennmaterialaufwand hinreichend ſein. Wenn man, um die durch den Wind entſtehenden Störungen zu beſeitigen, den Ueberſchuß der Temperatur des Schornſteins über den der äußern Luft während des Sommers auf 15° brächte, ſo betrüge der Aufwand an Wärmeeinheiten 2801, was weniger als 1:3 Kilogr. Steinkohle ausmachte; die theoretiſche Geſchwindigkeit wäre 4m34, die wirkliche Geſchwindigkeit 4,34 . 0,33 = 1m43; das pro Sekunde durchgeſtrömte Luftvolum würde ſein 1,43 . 0,282 = 0m41 und pro Stunde 0,41 . 3600 = 1476m, oder pro Zelle und Stunde 1476 : 39 = 37m8.

Ein großer Fehler war es bei dieſen Heiz- und Ventilazions-Apparaten, daß es an Inſtrumenten fehlte, welche den Stand der Ventilazion in jedem Augenblick angeben, damit man ſie immer zwiſchen beſtimmten Grenzen erhalten kann. Denn wenn es in Betreff der Geſundheit wichtig iſt, daß ſie nicht bis zu einem gewiſſen Punkt herunterfalle, ſo iſt es doch auch in ökonomiſcher Beziehung nothwendig, keine übertriebene Ventilazion zu veranlaſſen, welche einen großen Aufwand an Brennmaterial erfordert.

III. Das Zellengefängniß in Tours.

Im Anfange des Monats Juli 1849 herrſchte die Cholera in der Stadt Tours, jedoch mit geringer Heftigkeit und nur in den von dem Gefängniß entfernten Theilen, als am 13. desſelben Monats jene fürchterliche Epidemie ſich im Innern dieſes Etabliſſements zeigte und in wenig Stunden daſelbſt eine ſchreckenhafte Entwicklung nahm. Am 14. hatte der Erzbiſchof dem Direktor des Gefängniſſes ein Landhaus zur Dispoſition geſtellt, um darin die Gefangenen unterzubringen, welche von der Cholera verſchont geblieben waren; man konnte jedoch nur zwei Männer dahin ſchaffen. Von den 89 Individuen, welche ſich im Gefängniß befanden, ſtarben 58; die Verwaltung zählte 24 Perſonen, Männer, Frauen und Kinder, wovon 11 Perſonen erkrankten und 9 der Seuche erlagen.

In dieſer Kataſtrophe zeigte der Bergbauingenieur Sagey, welcher Mitglied der Beaufſichtigungskommiſſion des Gefängniſſes von Tours war, großen Eifer und Hingebung. Der Bericht, den er in dieſer Angelegenheit abſtattete, hatte den Zweck das Vorgefallene zu beſchreiben, beſonders aber die Urſachen der ſo ſchnellen und außerordentlichen Entwicklung der Cholera in dem Gefängniß in einer Zeit, wo außerhalb desſelben ihre zerſtörende Wirkung ſo gering war, zu unterſuchen. Bei Durchgehung der Thatſachen, wovon er Zeuge war, und bei Berückſichtigung des Umſtandes, daß alle freien und gefangenen Individuen, Männer, Frauen und Kinder ohne Unterſchied angegriffen wurden, kam er auf den Gedanken, daß die Cholera ſich in dem Gefängniſſe durch deſſen Ungeſundheit von ſelbſt entwickelt habe. Seiner Meinung nach waren es zwei Urſachen, welche einen verderblichen Einfluß auf die Geſundheit der Gefangenen ausübten, nämlich die ſchlechte Beſchaffenheit des Waſſers ſo wie die Unzulänglichkeit der Nahrung, und eine allgemeine Urſache, welche alle Perſonen betrifft, die in dem Gebäude wohnen, die verdorbene Luft nämlich, die man dort einathmet. Sagey beſchäftigte ſich bei vieler Beharrlichkeit mit dieſer allgemeinen Krankheitsurſache, und erſtattete darüber einen umſtändlichen Bericht, dem wir die nachfolgende ſummariſche Beſchreibung der Einrichtung der Heiz- und Ventilazionsapparate, die Darſtellung der Wirkungen, welche ſie hervorbrachten, die Urſachen ihrer Unzulänglichkeit und endlich die Beſchreibung der neuen Einrichtungen des Herrn Sagey entnehmen.

Das Gefängniß in Tours beſteht aus drei gleichen Gebäuden, die ſo wie das Gefängniß Mazas eingerichtet und in rechten Winkeln miteinander verbunden ſind. Dieſe Gebäude enthalten 120 Zellen, wovon aber nur 108 mit Gefangenen beſetzt werden können. Im Durchkreuzungspunkt der drei Korridore befindet ſich eine Kapelle, und darunter ein Warmwaſſerofen. Das heiße Waſſer cirkulirt in den horizontalen Röhren, welche in Kanälen unter dem Fußboden und in den Achſen der Galerie liegen. Die äußere Luft dringt in dieſe Kanäle, erwärmt ſich an den Warmwaſſerröhren und ſtrömt durch einen in der Stärke der

Digitized by Google

Mauer angebrachten Kanal in jede Zelle. Die Ventilazion der Galerie ſollte im Winter durch das Feuer des Warmwaſſerofens ſtattfinden, zu welchem Zweck ſich über dem Boden der drei Galerien und in der Mitte ihrer Länge zwei vergitterte Oeffnungen befinden, welche die Ausmündungen von Kanälen ſind, die von dem Aſchenfall des Ofens ausgehen. Die Sommerventilazion der Galerie ſollte durch Oeffnungen erzeugt werden, welche in jeder Etage an jedem Fenſter der Enden an den Galerien angebracht waren, und welche durch verglaſte, in Falzen ſich bewegende Rahmen mehr oder weniger geſchloſſen werden konnten. Die Ventilazion der Zellen ſollte wie bei Mazas durch Abfallröhren ſtattfinden; die Gefäße von koniſcher Form und emaillirtem Gußeiſen kommuniciren an dem untern Theil mit einem Rohr, das ſchief durch die äußere Mauer geht und ſenkrecht an ſeiner äußern Oberfläche in die unter dem Rundweg liegende Senkgrube abfällt. Für ſechs Zellen beſteht eine ſolche Senkgrube, deren Mauern und Gewölbe von trocken verſetzten Bruchſteinen beſtehen. Im Anfange waren ſie in Verbindung mit zwei Eſſen des Wärmeerzeugers, die an ihrem untern Theile einen Warmwaſſerofen hatten. Die Winterventilazion geſchah durch die Wärme des Rauches, und die Sommerventilazion durch Warmwaſſeröfen. Die Apparate wurden von einer ad hoc ernannten und bezahlten Kommiſſion übernommen, welche in Betreff der Ventilazion, die damals noch nicht im Gange war, keinen Vorbehalt machte.

Als nun die Abfallröhren verſetzt waren, erkannte man es, daß ſie ein leichtes Mittel zur Verbindung der Gefangenen unter ſich boten. Wenn an der Oeffnung eines Sitzes Worte leiſe ausgeſprochen wurden, ſo vernahm man ſie deutlich an der Oeffnung der übrigen Sitze, die zu derſelben Senkgrube gehörten. Um dieſe Unannehmlichkeit zu beſeitigen, tauchte man die untern Enden der Röhren in mit Waſſer gefüllten Gefäßen, und ſpäter ſteckte man ſie in den Sand, mit dem der Boden der Senkgruben bedeckt war; dann aber war die Verbindung der Röhren mit der Luft der Grube unterbrochen, und auch der Schall, wenigſtens glaubte man es damals; es war daher ein anderes Lüftungsverfahren nothwendig. Die Abtrittsgefäße wurden mit einem Ueberzug verſehen, der ein blechernes Seitenrohr hatte, das, wenn es auf eine gewiſſe Höhe gehoben war, mit einem in der Mauer ausgehöhlten Kanal kommunicirte und unter dem Dache mit einem blechernen Rohr endete, welches ſenkrecht in hölzerne Röhren trat, die in zwei erweiterten Eſſen des Wärmeerzeugers ausmündeten. Von dieſem Punkt aus haben die Eſſen nur noch eine Höhe von 5 Fuß.

Die Heizung iſt ſchlecht gelungen; wenigſtens iſt dies beim Erdgeſchoß der Fall, wo die Luft in den Zellen keine hinreichende aufſteigende Kraft beſitzt. Die Ventilazion der Galerien hieß im Sommer und im Winter nichts. Die von dem Heerd des Ofens in die Galerien einſtrömende Luft ſollte wenigſtens 20 Kubikmeter pro Kilogr. verbrannter Steinkohle betragen; die Luft aber, welche durch die Ritzen des Verſchluſſes eindrang, genügte für das Brennen auf dem Heerde. Eines Tages ſchloß Sagey, ohne dem Heizer etwas davon zu ſagen, die ſechs Gitter der Galerien hermetiſch mit wollenen Decken; der Zug änderte ſich nicht, und indem man irgend eine Ecke der Decken hob, verſpürte man einen merklichen Zug von außen nach innen, welche Strömung von einer Verminderung des Druckes herrührte, die im Winter als Folge der Ventilazion entſteht, wenn die Thüren und Fenſter geſchloſſen ſind. Die Sommerventilazion ging beinahe gar nicht, weil es zu ſchwierig war, die obern Rahmen zu öffnen. Die Winterventilazion der Zellen mußte ſchwach ſein, weil die Eſſen, in denen die Abführungsröhren einmündeten, nur 5 Meter Höhe über den Ausmündungen hatten; außerdem mußte ſie aber auch unregelmäßig ſein, denn ſie hing von der Heizung ab.

Für die Sommerventilazion der Zellen ſollte man bei dem urſprünglichen Entwurf wie bereits geſagt die beiden Warmwaſſeröfen im untern Theil der Eſſen, 10^{m} unter den Ausmündungsöffnungen der Röhren in die Eſſe anwenden; dieſe Ventilazionsart wurde aber nicht einmal verſucht, denn um die Wärme der Oefen in die von den hölzernen Röhren gelieferte Luft zu bringen, hätte man ſie durch äußere Luft führen müſſen, die an den Oefen erwärmt worden wäre, was aber einen ſehr großen Aufwand an Brennmaterial erfordert hätte. Der Conſtructeur verurtheilte dieſes Syſtem ſelbſt, indem er den Brennmaterialbedarf für die Sommerventilazion mit 14 Kilogr. Steinkohle pro Stunde berechnete, während bei zweckmäßigen Apparaten dazu 2 Kilogr. genügen, wie die Erfahrung bewieſen hat. Das Reſultat dieſes hohen Ventilazionspreiſes war Veranlaſſung, daß man darauf ganz ver-

Digitized by Google

zichtete. Da aber dann die vertikale Esse, in welche die hölzernen Röhren mündeten, im Sommer mit kälterer und schwererer Luft als die äußere angefüllt war, so trat eine fallende Bewegung ein und führte den Geruch, den man entfernen wollte, in die Zellen. Ohne Zweifel aus Ursache dieses unvermeidlichen Resultats machte man nachher und auf plumpe Weise ein Loch in den obern Theil der Knieröhren, welche mit den hölzernen Röhren in Verbindung standen, um auf solche Art alle vertikalen Leitungen in den Dachraum frei ausgehen zu lassen. Da die auf dem Boden eingeschlossene Luft im Sommer von der auf den Schiefer brennenden Sonne stark erwärmt wird, so entsteht durch die Zwischenräume der Bedachung eine kleine aufsteigende Strömung, welche die Luft der Leitungen zwingt sich zu heben. Es sind also da zwei Kräfte, die sich bekämpfen, einander beinahe die Wage halten und einen unbeständigen Gleichgewichts-Zustand hervorbringen, der oft in ungünstiger Richtung unterbrochen wird und in die Zellen ekelhafte Dünste führt. Wovon man sich aber keine Vorstellung machen kann, das ist der entsetzliche Geruch auf dem Dachraum in Folge der sich dort seit langer Zeit gesammelten inficirten Gase, die sich durch eine unmerkliche Bewegung erneuern und durch die Hitze der Schieferbedeckung gesiedet werden. Es ist augenscheinlich, daß in Folge der Oeffnung der Leitungen die Winterventilazion vollständig aufhören mußte. Dies ist aber noch nicht alles. Die Abfallröhren staken, wie gesagt, mit ihrem untern Theil und nur sehr wenig in dem Sande, mit welchem die Senkgruben zum Theil angefüllt waren; der Schall war unterbrochen, die Kommunikazion der Röhren mit der Luft der Senkgruben war es nicht, und da die Mauern und Gewölbe der letztern von trockenen Steinen aufgeführt waren und der sie umgebende Boden durchdringlich für die Luft war, so war die Folge davon, daß die an ihrem obern Theil nicht geschlossenen Fallröhren durch die Senkgruben wirklich in Verbindung mit der äußern Luft standen. Dann verursachten die Winde die Erwärmung der Fallröhren von der Sonnenhitze, so daß die Luft der Gruben in die Zellen stieg, was Herr Sagey durch zahlreiche Versuche bewiesen hat, wenn eine regelmäßige Ventilazion in den Zellen hergestellt war, und wenn die Luft durch die Abtrittsbecken strömte. Er stellte zuerst die Existenz der aufsteigenden Strömung fest, und immer brachte er es dahin, daß sie verschwand, wenn das Fallrohr unten hermetisch geschlossen war, was den Beweis liefert, daß sie nicht durch Ritzen in den Fugen und Löthungen entstand. Es fand also in keiner Jahreszeit weder in den Zellen noch in den Galerien eine Ventilazion statt. Die Luft in den Zellen war durch die Dämpfe, die von der an ihrem obern Theil nicht geschlossenen Fallröhre aufstiegen, verderben; die Zellen standen durch die Steige- und Fallröhren in direkter Verbindung mit zwei permanenten Sitzen der Inficirung, nämlich den Senkgruben und den Dachräumen, deren Luft in Folge der Winde und der Sonne sich bald nach einer Richtung, bald nach der andern Richtung bewegte, jedoch immer so, daß sie durch die Zellen strömte; endlich standen die Zellen in direkter Verbindung mit den Galerien. So war der Zustand im Gefängnisse von Tours im Jahre 1849; man kann sich nicht leicht eine Vereinigung bedauerlicher Verhältnisse einbilden, und folglich läßt sich die Ursache der furchtbaren Verheerungen, welche die Cholera hier hervorbrachte, begreifen. Der Ingenieur Sagey beschäftigte sich daher eifrigst mit den Mitteln zur Abstellung und zur Verhütung der Rückkehr eines solchen gefährlichen Zustandes, und folgende Maßregeln wurden zur Ausführung gebracht.

Die Winterventilazion in den Galerien bezweckte man dadurch, daß man sie mit dem untern Theil einer nicht im Gebrauch stehenden Esse vermittelst eines Zinkrohrs von 0m30 Durchmesser und mit einem Register wie bei den Oefen versehen in Verbindung brachte. Die Strömung ist so geschwind, daß sie moderirt werden muß, wenn man nicht zu viel Wärme verlieren will; sie entsteht durch den Unterschied der Temperatur der innern und der äußern Luft. Die Sommerventilazion verschaffte man sich durch die alten Einrichtungen, welche erwähntermaßen in den Oeffnungen bestanden, die man im obern Theil jeder Etage in den Fenstern angebracht hatte, welche die Galerien schließen; die verglasten Rahmen aber, womit man sie sperrt, werden durch kleine Haspel mit Kurbeln in Bewegung gesetzt, welche in Verbindung mit obern Rollen die gleichzeitige Oeffnung der Mündungen in den drei Etagen bewirken. Jetzt ist die Luft in den Galerien eben so rein als die in den benachbarten Gärten.

Behufs der Ventilazion der Zellen wurden die hölzernen Röhren der Dächer, welche sich in sehr schlechtem Zustande befanden, ausgebessert; sie wurden mit einer

Digitized by Google

Miſchung von Gips und Kuhhaaren überzogen, die Löcher, welche in den Röhren angebracht waren, die die Luft der Zellen herbeiführten, wurden verſtopft, und die ſchlechteſten, die am meiſten oxydirten, wurden durch andere von gebrannter Erde erſetzt. Die durch die Sitze und hölzernen Röhren aus den Zellen kommenden Gaſe gelangen in den obern Theil einer oben geſchloſſenen Eſſe, die in der Höhe des Bodens mit einer Eſſe des Ofens in Verbindung ſteht. Der Warmwaſſerofen, der ſich in ihr befand, wurde durch einen Heerd von Ziegeln mit Roſt für Steinkohlenfeuerung erſetzt, und da der Zug des Ofens durch dieſe Einrichtung hätte leiden können, ſo wurde eine kleine Eſſe von 0m25 in Quadrat und 4m0 Höhe in der großen Eſſe für den beſondern Gebrauch des Ofens erbaut. Die Eſſe hat 15m0 Höhe und 0m18 Querſchnitt. Bei einem Verbrauch von 2Kil.73 ſchlechter Steinkohle pro Stunde betrug die Ventilazion beiläufig 15 Kubikmeter pro Zelle und Stunde.

Um ſich in jedem Augenblick von dem Zuſtand der Ventilazion überzeugen zu können, erſann der Ingenieur ein ſehr einfaches Inſtrument, das aus einem Stab beſteht, der ſich um eine horizontale Welle dreht, welche in einer Platte befeſtigt iſt, die eine in dem Fallrohr der Gaſe angebrachte Oeffnung ſchließt. An dieſem Stab befindet ſich an der Eſſenſeite eine horizontale kupferne Platte von 0m18 in Quadrat; auf der andern Seite iſt der Stab eingetheilt, und kann ein kleines Laufgewicht aufnehmen, ohne welches die fallende Bewegung der Luft in der Eſſe die Platte ſenken und den äußern Theil des Hebels heben würde; man ſtellt aber das Gleichgewicht in der horizontalen Lage dadurch her, daß man das Schiebegewicht in einer zweckmäßigen Entfernung von der Umdrehungsachſe anbringt; es iſt dann augenſcheinlich, daß das Schiebegewicht durch ſeine Entfernung von der Umdrehungsachſe den Druck mißt, welcher durch die ſich bewegende Luft hervorgebracht wird.

Durch die hier beſprochene Einrichtung hat man eine hinreichende und regelmäßige Ventilazion erhalten; dennoch verblieb in einigen Zellen der böſe Geruch. Wenn man in der Oeffnung des Bodens einen kleinen in einer Röhre befeſtigten Anemometer hielt, ſo zeigte ſeine geſchwinde Bewegung eine gute Ventilazion und eine kräftige Anſaugung in den meiſten Zellen an; in den inficirten Zellen aber fand die Bewegung im umgekehrten Sinne ſtatt, und es machte ſich eine ſehr ſtarke Strömung bemerkbar, die von dem Sitze kam und in die Zelle drang. Die Wirkung davon iſt leicht zu begreifen. Dieſe inficirten Zellen waren nicht immer dieſelben und befanden ſich nicht gleichzeitig an den beiden Seiten einer Galerie; erſt in Folge dieſer erſten Beobachtungen wurde Sagey darauf geführt, daß es die Wirkung der Sonne und des Windes ſei, welche die Luft aus den Gruben in die Zellen treibt, wovon früher die Rede war. Im Winter ſind es hauptſächlich die Zellen des Erdgeſchoſſes, welche dieſe unangenehme Wirkung haben; im Sommer aber, wenn die Sonne die Fallröhren erwärmt, ſind es die in den hohen Etagen, welche derſelben mehr ausgeſetzt ſind.

Es war vorher die Rede davon, daß, wenn man den untern Theil der Fallröhren hermetiſch ſchloß, in den Zellen eine regelmäßige Ventilazionsſtrömung wieder hergeſtellt wurde; es fehlte indeſſen viel daran, daß dieſe Strömung in allen Zellen ſeine beſtändige Kraft beſaß; eine Ungleichheit, die in mehrern Urſachen ihren Grund hatte, und zwar war es zuvörderſt die ſchlechte Einrichtung der Röhren, welche die Luft der Zellen in die hölzernen Kanäle führte. Da dieſe Röhren ſenkrecht zu der Länge der Kanäle ſtanden, ſo erzeugten ſie Luftfäden, welche den Querſchnitt mehr oder weniger verengten; ferner fanden Ungleichheiten und Verengungen in den in der Mauer angebrachten Kanälen ſtatt, und endlich waren die Leitungsröhren durch fremde Körper verſtopft.

In dieſer letzten Beziehung machte Sagey eine ſehr wichtige Bemerkung; indem er einige ſolcher Röhren abbrach, nahm er wahr, daß in der Höhe von einem Meter ihr unterer Theil von Spinnengeweben verſtopft war, weiter oben aber waren ſie frei. Um ſie leicht zu beſeitigen, brachte man in jedem Rohr 1m30 über dem Sitze eine kleine Thür an, durch die man eine Kette einführen oder Waſſer hineingießen konnte. In Folge der Andeutungen der anemometriſchen Wage, durch welche man ſolche Verſtopfungen wahrnahm, mußte man ſpäter dieſes Mittel zweimal anwenden.

Um den ſo eben bezeichneten Nachtheilen abzuhelfen und unvorhergeſehenen oder zufälligen Umſtänden vorzubeugen, führte Sagey über jeden hölzernen Kanal einen andern von Ziegeln und Gips auf, der mit demſelben bei der Falleſſe ſich vereinigte, und ſetzte in den hölzernen Kanal die Zellenröhren, welche nur eine ſchwache Ventilazion haben; die Röhren ſind

Digitized by Google

so eingerichtet, daß die angesaugten Luftfäden eine parallele Richtung zur Achse des Kanals haben und keine Versperrung der Cirkulazion veranlassen.

Indem sich Sagey mit diesen Verbesserungen beschäftigte waren gewisse Hindernisse gegen ein Projekt, das er entworfen, beseitigt worden, und er konnte zur Ausführung desselben schreiten. Es handelte sich nämlich um die Erzeugung der Ventilazion durch eine mechanische, von den Gefangenen selbst hervorgebrachte Kraft. Die von Sagey angewendete Maschine ist ein Centrifugalkraft-Regulator, den er in das Gefängniß gab. Er besteht aus Blech, hat vier Flügel, einen Durchmesser von 1m30, eine Breite von 1m40, und saugt die Luft nur auf einer seiner Flächen an; die Ein- und Auslaßöffnungen sind 0m16. Die ausgestoßene Luft strömt in eine Esse, deren Querschnitt ebenfalls 0m16 beträgt. Er macht vier Umgänge bei einer Kurbelumdrehung vermittelst eines Räderwerks; die Kurbel muß einen Umgang in zwei Sekunden machen. Vermittelst eines Penduls vor jedem Gefangenen, welcher die Kurbel dreht, erhält man eine vollkommene Regelmäßigkeit in der Bewegung. Bei der angegebenen Umdrehungsgeschwindigkeit ist die der Luft beiläufig 4m50, was 2800m pro Stunde und 26 Meter pro Zelle und Stunde entspricht. Der Widerstand ist so gering, daß die Gefangenen die Kurbel gewöhnlich nur mit einer Hand drehen. Jeder Gefangene erhält für eine zweistündige Arbeit 10 Cent. Sie haben also außer dem pekuniären Vortheil eine sehr zweckmäßige Bewegung ohne große Beschwerde, und das Bewußtsein, eine Arbeit zu verrichten, welche nützlich für alle ist; auch wird diese Verrichtung durchaus nicht gefürchtet, sondern sogar gesucht.

Der Ventilator ist an einer Stelle aufgestellt worden, die bei der Herstellung der Falleſſe zu diesem Behuf angeordnet war. Gegenüber der Zelle in der zweiten Etage hatte man eine Oeffnung angebracht, die durch eine um eine horizontale Achse bewegliche Klappe geschlossen wurde; stand sie horizontal, so schloß sie die Esse und stellte eine Verbindung mit dem Centrum des Ventilators her. Darüber befand sich die anomometrische Wage.

Die Modifikazionen aber, die man in der Kommunikazion der Steigeröhren mit den hölzernen Kanälen und dieser ganzen Ventilazion machte, waren nicht hinreichend, um die Zellen gehörig zu lüften, weil die Luft aus den Senkgruben Zutritt dahin hatte, und weil bei gewissen atmosphärischen Verhältnissen der größte Theil der angesaugten Luft aus den Gruben kam, was durch den unerträglichen Gestank der Luft bewiesen wird, welche in den Ventilator strömt. Man mußte daher auch noch die Sitze in der Art verändern, daß ihre permanente Verbindung mit den Senkgruben aufhörte. Das neue Becken besteht aus zwei koncentrischen gußeisernen Gefäßen, deren inneres eine konische unten und oben offene Form hat und inwendig emaillirt ist; das äußere Gefäß kommunicirt mit dem untern Theil des inneren Gefäßes; das Fallrohr ist an seinem Anfang mit einem Zapfen geschlossen, der einen Stiel mit einem Ringe hat; das äußere Gefäß ist mit einem Rohre versehen, das in den hölzernen Kanälen des Dachraumes aufsteigt; das Becken ist mit einem Charnierdeckel verschlossen, an dessen Vordertheil sich eine Oeffnung für den Durchgang der Luft befindet; die Fallröhren gehen in eine hölzerne mit eisernen Reifen beschlagene Wanne, um alle Verbindung der Zellen mit der Luft aus den Senkgruben aufzuheben, wenn der Zapfen weggenommen wird, und endlich befindet sich an der Seite des Sitzes ein kleiner Zinkkasten mit einem Charnierdeckel, welcher zur Aufnahme eines kleinen Besens bestimmt ist und von dem Luftzug durchströmt wird, der in den Dachraum geht. Nach dieser Einrichtung also geht die Luft aus der Zelle in das Becken durch die freie Oeffnung, die sich unter dem Deckel befindet, streicht zwischen dem Becken und dem äußern Gefäß hin, entweicht durch die Seitenröhre, durchzieht den kleinen oben erwähnten Kasten und geht in die hölzernen Kanäle. Die Ventilazion ist so kräftig, daß alle Gase, die sich am Anfange des Fallrohres entwickeln könnten, abgeführt werden, denn Sagey hat dort einige Stunden hindurch eine Entwickelung von Schwefelwasserstoff erzeugt, ohne daß sich der geringste Geruch gezeigt hätte. Seit dem Ende des Jahres 1650, wo dieses System in einer Zelle angewendet wurde, die früher zu den ungesundesten gehörte, ist man dort nie von dem geringsten Geruch belästigt worden, und dennoch ist die Stärke der Ventilazion jetzt durch das große von den Senkgruben ausgehende Luftvolum vermindert worden.

Der Architekt von Fontainebleau, Hr. Blouet,

Digitized by Google

wurde von dem Miniſter des Innern beauftragt, den Zuſtand des Gefängniſſes zu unterſuchen; er beſtätigte die Richtigkeit der von uns berichteten Angaben und überzeugte ſich von der Wahrheit der durch die Zugeſſe und den Ventilator erhaltenen Reſultate. Der Generalrath des Indre- und Loiredepartements bewilligte in ſeiner letzten Sitzung die nöthigen Fonds, um in allen Zellen die Abtritsbecken in der oben angeführten Art auszuführen.

IV. Heizung der Kirche St. Roch.

Die Heizapparate der Kirche St. Roch wurden von Hrn. Grouvelle in den Jahren 1845 und 1846 ausgeführt. In Folge einer ſchlechten Direkzion der Heizung, wie wir weiterhin ſehen werden, machte der Apparat in den erſten zwei aufeinander folgenden Wintern wenig Wirkung. Es wurde daher im Jahre 1848 eine Kommiſſion ernannt, um den Zuſtand der Anlage zu unterſuchen und Verſuche anzuſtellen, mit welchen man 64 hintereinander folgende Tage zubrachte.

Die Kirche St. Roch iſt ein Gebäude von 110 bis 115^{m}0 Länge, 28^{m}0 Breite, 15 bis 18^{m}0 durchſchnittlicher Höhe und ungefähr 3100 bis 3200 Quadratmeter Flächeninhalt. Die der äußern Abkühlung ausgeſetzten Mauern haben eine Oberfläche von 3500 Metern und eine durchſchnittliche Stärke von 0^{m}50. Der Flächenraum der Fenſter beträgt 860 Quadratmeter; die innern Mauern und Pfeiler haben ein Volumen von 1800 Kubikmetern. Die Kirche enthält beiläufig 3500 Sitzplätze und faßt an gewöhnlichen Sonntagen 2000 bis 4000, bei gewöhnlichen Feſten 4000 bis 6000, und bei großen Feſten 6000 bis 8000 Perſonen. Das Schiff theilt ſich in drei verſchiedene Theile. Der erſte und größte hat 28^{m} Breite und 68^{m} Länge, umfaßt das Langſchiff, die Nebenſchiffe, den Chor und die Seitenkapellen; die Höhe des Gewölbes iſt 17 bis 18^{m}0. Der zweite Theil beſteht aus der Kapelle der heil. Jungfrau, einem runden Raume von ungefähr 30^{m}0 Durchmeſſer, mit Inbegriff der Abſeiten, und bekrönt mit einer Kuppel von nahezu 25^{m}0 Höhe. In dem entfernteſten Theile des Gebäudes endlich befindet ſich die Schädelſtätte, ein niedriger kalter, feuchter Raum, deſſen Hauptgewölbe nur 5^{m}0 Höhe hat und deſſen Fenſter in jener Epoche im traurigſten Zuſtande ſich befanden. Dieſer Theil des Gebäudes war ſeitdem der Gegenſtand einer umfaſſenden Reparatur.

Außer den gewöhnlich ſtattfindenden Urſachen der Erkältung durch die Mauern und Fenſter beſteht hier eine Regelwidrigkeit, die in dem unvollſtändigen oder gar nicht vorhandenen Verſchluſſe einer großen Anzahl von Oeffnungen ihren Grund hat. Die Kirche enthält 64 Fenſter mit einer Geſammtoberfläche von 860 Quadratmetern; alle dieſe Fenſter ſind im ſchlechten Zuſtande und die durch Bleiſproſſen verbundenen Glasſcheiben hatten bei jeder Fuge eine Ritze, deren Breite von 1 bis 4 Millimeter abwechſelte; außerdem hatte jedes Fenſter zwei bewegliche Flügel mit Charnieren, welche einen Umfang von 5 bis 6 Meter hatten und eine permanente Oeffnung bildeten, welche an manchen Stellen eine Breite von 5 bis 6 Centimeter erreichte. Das Gewölbe endlich war mit 87 Löchern für die Stricke der Kronleuchter durchbrochen, deren jedes einen mittlern Durchmeſſer von 0^{m}07 zeigte, und welche in einer Höhe von 18^{m} angebracht waren. Die daraus entweichende Luft beſaß eine Geſchwindigkeit, welche hinreichend geweſen wäre ein Licht auszulöſchen. Die ſorgfältige Meſſung aller dieſer Oeffnungen ergab einen Flächenraum von 14^{m}15 bei einer durchſchnittlichen Höhe von 11^{m}20. Außerdem hat die Kirche 6 äußere und eine Menge andrer Thüren, welche zur Sakriſtei, zu den Tribunen u. ſ. w. führten.

Das von Hrn. Grouvelle angewendete Heizungsſyſtem beſteht in einer Warmwaſſercirkulazion mit Niederdruck in Kanälen unter dem Boden, in welche die äußere Luft angeſogen wird und aus denen ſie erwärmt durch eine gewiſſe Anzahl von Oeffnungen in den Fußboden ausſtrömt. In einem kreisrunden Keller unter dem Umfang der Kapelle der heil. Jungfrau iſt ein Keſſel aufgeſtellt, der die Form von Dampfgeneratoren mit zwei Siedern und beinahe von 12 Pferdekräften hat. Eine gußeiſerne Röhre von 0^{m}14 Durchmeſſer, deren verſchiedenen Theile durch Bolzen in einer Länge von 168^{m}0 miteinander verbunden ſind, geht von dem obern Theil des Keſſels aus unter das rechte Nebenſchiff der Kirche mit einer Steigung von ungefähr 0^{m}03 pro Meter; ihr Kulminazionspunkt liegt unter der Orgel, dann kehrt ſie auf der linken Seite dee Kirche mit demſelben Gefälle zurück und endigt an einem der Sieder des Keſſels. Ein kleines

Digitized by Google

ſpäter gelegtes Rohr cirkulirt in entgegengeſetzter Richtung des Hauptrohres parallel mit dem zurücklaufenden Rohr und endigt ſich in dieſes Rohr mündend an deſſen Kulminazionspunkt unter der Orgel. Ein unvorhergeſehener Umſtand erforderte die Hinzufügung dieſes Rohres; die von der Stadt gelieferten Pläne zeigten unter den Nebenſchiffen der Kirche eine Reihe von Kellern, welche nicht beſtanden, und die plötzliche Erkältung durch den in der Erde anſtatt iſolirt in den Kanälen cirkulirenden Apparat veranlaßte die Vermehrung der Heizfläche.

Alle dieſe Röhren cirkuliren in einem Kanal, deſſen ſenkrechten Theile aus zwei Ziegelmauern beſtehen, in denen ſich ein gewiſſer freier Raum befindet, um den Wärmeverluſt zu vermindern; unterhalb iſt er mit Brettern abgeſchloſſen und kommunicirt mit den im Fußboden der Kirche angebrachten Oeffnungen, durch welche die heiße Luft ausſtrömen ſoll; nach jeder dieſer Oeffnungen iſt er durch eine hölzerne Scheidewand geſchloſſen, und unmittelbar darauf befindet ſich eine Oeffnung in der untern Fläche, um die äußere Luft einzulaſſen, welche auf dieſe Art auf der ganzen Länge des Rohres zwiſchen zwei nebeneinander liegenden Auslaßöffnungen der heißen Luft erwärmt wird.

Ein ähnliches Syſtem, jedoch in kleinern Dimenſionen geht von dem andern Ende des Keſſels aus und cirkulirt unter der Kapelle der heil. Jungfrau und der Schädelſtätte; das Rohr hat nur 0^m12 Durchmeſſer und 86^m0 Länge.

Klappen, welche an den hin und her gehenden Röhren angebracht ſind, geſtatten die Modifikazion oder ſelbſt die gänzliche Sperrung der Cirkulazion in jeder der großen Arterien. Unter dem Umfang der Hauptarterie vergrößern vier Verſtärkungen von 3^m0 Länge und 0^m35 Durchmeſſer die Heizfläche. Vier andere Verſtärkungen in Form von Oefen verſchiedenen Durchmeſſers ſtehen an der Oeffnung der Hauptmündungen, und kleine Abzweigungen ohne Retours begünſtigen noch den Zug der Oeffnungen, die nicht direkt im Röhrenlaufe liegen.

Um aus dem Brennmaterial noch einen weitern Gewinn zu ziehen, muß die blecherne Rauchröhre von 0^m35 Durchmeſſer dazu dienen die Luft auf eine Länge von 7 Meter zu heizen. Dieſe Luft ſpeiſt eine einzelne Oeffnung in der Kapelle der heil. Jungfrau.

Die hauptſächlichen Dimenſionen des Apparats ſind folgende: Heizfläche des Keſſels mit Inbegriff der Sieder 15^m40; Roſtfläche 0^m40, Abkühlungsfläche der Cirkulazion 164^m85; Volum des ſich erhitzenden Waſſers 3^m008; Volum des ſich abkühlenden Waſſers 4^m218; Totalvolum des Waſſers in dem ganzen Apparat 7^m226; Temperatur des Waſſers in dem Keſſel 120^0, am Ende der zurückkehrenden Röhre 102^0; mittlere Temperatur des cirkulirenden Waſſers 111^0; größter Niveauunterſchied 3 bis 4 Meter. Die warme Luft gelangt in die Kirche durch 22 von Gittern geſchloſſene Oeffnungen; 21 haben eine freie Fläche von 0^m135 und die letzte, die ſich unter der Orgel befindet, eine von 0^m400; die Summe dieſer Flächen iſt 3^m235.

Experimentirungsmethode. Jeden Morgen wurden die für die Konſumzion während des Tages beſtimmten Kohlen gewogen und in Haufen von 200 Kilogr. aufgeſchichtet. Der Heizer notirte auf einer Schiefertafel die Zeit, wo die Heizung begann und endigte, ſo wie die Zeit, wo er einen neuen Haufen anbrach. Der Reſt des letzten Haufens wurde ſorgfältig abgewogen. Fünfmal täglich wurde die innere und äußere Temperatur beobachtet. Zu dieſem Zweck hingen zehn vorher verglichene Thermometer zwei Meter hoch über dem Boden unter den Kronleuchtern. Der Durchſchnitt dieſer zehn Thermometer gab die innere Temperatur. Zwei andere Thermometer, von denen der eine in dem kleinen an den Ofen ſtoßenden Hof, der andere unter dem Portal hing, gaben die äußere Temperatur. Zwei andere Thermometer hingen 2 Meter über den Wärmeöffnungen. Sechs Thermometer an der innern Fläche der Seitenwände und gegen dieſelben zugekehrt, gaben die Temperatur dieſer Wände an. Endlich zwei andere Thermometer in einer Höhe von 8 bis 9 Meter unter der Orgel und ein dritter in einer Höhe von 18 oder 20 Meter am Anfang der Kuppel der Marienkapelle dienten dazu, die Vertheilung der Wärme in verſchiedenen Höhen kennen zu lernen. Die Reſultate derſelben Art wurden graphiſch durch Kurven dargeſtellt.

Reſultate dieſer Verſuche. In Folge einer mißverſtandenen Oekonomie war die Kirche bisher nur in unregelmäßigen Zwiſchenräumen und nie kontinuirlich geheizt worden. Die innere Temperatur hatte 9 bis 10^0 nie überſchreiten können und ſtand ſogar während des Froſtes noch bedeutend tiefer. Am

Digitized by Google

16. November, an welchem Tage die Reihe von Verſuchen begann, war die äußere Temperatur 3° bis 4° und die innere 9°. In der Zeit von dem 17. bis 27. November wurde die innere Temperatur durch eine ununterbrochene Tag und Nacht anhaltende Heizung allmählig auf 18° gebracht. Vom 27. November bis 6. December wurde die Temperatur der Kirche durch eine abwechſelnde Heizung zwiſchen 15° und 16° und vom 6. December bis 20. Jänner zwiſchen 12° und 13° erhalten, indem man in der Dauer des Heizens und der dazwiſchen liegenden Pauſen Abwechslungen eintreten ließ. Während der Pauſen blieb die äußere Temperatur zwiſchen + 5° und + 6°.

Erfolge der fortlaufenden Heizung. Als Hr. Thomas die Kraft und die Anordnung des Apparats prüfte, gerieth er ſogleich auf den Gedanken, daß man die ſchwächeren Reſultate der vorigen Jahre einzig und allein dem Umſtande zuzuſchreiben habe, daß die Mauern nicht gehörig erwärmt waren, was ſich aber durch eine während einer gewiſſen Anzahl Tage fortlaufende Heizung leicht bewerkſtelligen laſſe, und daß man alsdann eine permanente höhere Temperatur mit einer geringeren Verausgabung an Brennmaterial erzielen könne. Dieſe Anſicht erwies ſich durch die Erfahrung als vollkommen begründet. Durch eine ununterbrochene Heizung von 8 Tagen ſtieg die Temperatur, wie ſchon bemerkt, allmählig auf 16° und während des ſonntäglichen Gottesdienſtes ſogar auf 18°. Dieſe Temperatur iſt an einem Orte, den man warm gekleidet beſucht, unerträglich, und es mußten viele Perſonen deshalb die Kirche verlaſſen. Uebrigens wurde dieſe Temperatur mit ſehr viel Oekonomie bewerkſtelligt, wie wir ſpäter ſehen werden. Der Grund hiervon iſt leicht einzuſehen, weil, wenn die ganze Luftmaſſe und die inneren und äußeren Wände die Temperatur haben, welche derjenigen, die in dem Gebäude herrſchen ſoll, entſpricht, nur durch die regelmäßigen Fortpflanzungen Wärme verloren geht, während im entgegengeſetzten Fall viel Wärme von den Wänden abſorbirt wird und ſomit unbenutzt entweicht.

Intermittirende Heizung. Iſt einmal das ſo eben beſprochene Verhältniß, nämlich die Erwärmung der ganzen Luftmaſſe und die Wärme der Mauern hergeſtellt, ſo müſſen im Heizen Pauſen eintreten. Man heizt alsdann entweder nur einige Stunden täglich oder wartet, bis die innere Temperatur auf 2° bis 3° geſunken iſt, und heizt dann ſo lange, bis ſie wieder ihre urſprüngliche Höhe erreicht hat. Aus den bei den nämlichen äußeren Temperaturverhältniſſen angeſtellten Verſuchen geht hervor, daß dieſe letztere Methode ökonomiſcher iſt; denn im erſten Fall war der Durchſchnitt der ſtündlichen Konſumzion bei drei Verſuchen $41^{kil}.02$, im zweiten Fall nur $38^{kil}.35$. Dieſer Unterſchied entſpringt aus dem Umſtand, daß am Anfange jeder Heizung immer ein bedeutender Verluſt an Wärme dadurch ſtattfindet, daß der Ofen, die Kanäle u. ſ. w. auf ihre Maximum-Temperatur gebracht werden müſſen; die Temperaturenkurve der Wärmeöffnungen beweiſt dies bis zur Evidenz; bei der fortlaufenden Heizung erreicht die warme Luft ihr Maximum erſt nach drei Tagen. Mithin beſtände die ökonomiſchſte Heizungsmethode darin, daß man das Schiff ſich um einige Grade unter der Durchſchnittstemperatur abkühlen läßt und es dann bis auf einige Grade über derſelben erhitzt.

Maximum der Kraft des Apparates. Sinkt bei konſtant bleibender innerer Temperatur die äußere, ſo wächſt die Schnelligkeit der Abkühlung; es bedarf alsdann einer nachdrücklicheren Heizung, um die innere Temperatur konſtant zu erhalten, und man ſieht leicht ein, daß wenn der Apparat in Folge einer fortlaufenden Heizung ſeine höchſte Wirkung äußert, die innere Temperatur der Art ſinken wird, daß ihre Differenz mit der äußeren Temperatur konſtant bleibt. Zweimal bot ſich Gelegenheit dar die Maximalkraft zu konſtatiren: am 21. December und am 2. Jänner, an welchen Tagen die Temperatur plötzlich über Nacht dergeſtalt ſank, daß ſie — 3° bis — 6° erreichte. Man machte damals die Bemerkung, daß ungeachtet der permanenten Heizung die innere Temperatur raſch ſank, und zwar ſo, daß ſie die der äußeren Luft fortwährend um 16° überwog. Hieraus läßt ſich das Maximum der Kraft des Apparates bemeſſen.

Bei einer äußeren Temperatur von — 6° müßte demnach die innere nur 10° betragen; mithin wäre der Apparat nicht im Stande eine Temperatur von 12° bis 13° in der Kirche zu erhalten, wenn die äußere — 6° betrüge. Es muß aber bemerkt werden, daß die Temperatur, welche wir im Winter ſuchen, und die uns angenehm iſt, nur relativ iſt; ſie wird um ſo niedriger, je kälter die Luft iſt. Auch ſchien die

Digitized by Google

Temperatur in der Kirche nie ſo hoch zu ſein, als gerade an dieſen beiden Tagen, während ſie doch nie ſo niedrig war, weil man beim Betreten der Kirche eine Temperaturveränderung von 16° empfand, während die durchſchnittliche Differenz während des Winters um die Hälfte geringer iſt.

Spontane Erwärmung der Kirche. Vom 14. Jänner an, an welchem Tage man mit dem Feuern definitiv aufhörte, ſank die Temperatur der Kieche langſam, bis ſie die äußere um 4° bis 5° überwog. Als die letztere langſam ſtieg, ſo wuchs auch die innere Temperatur, zwar ſchwach aber ganz deutlich, und als nach 3 Tagen wieder größere Kälte eintrat, ſank auch die innere Temperatur von neuem. Dieſes Phänomen läßt ſich erklären, wenn man bedenkt, daß der Temperaturunterſchied der Wandfläche immer geringer iſt als der der äußeren und der inneren Luft wegen der im Innern durch die Perſonen erzeugten Wärme, daß ferner der erſtere ſehr klein iſt, wenn der letztere nur 5° beträgt, und daß eine ſchwache Erwärmung der äußeren Luft die Richtung des Temperaturwechſels in den Wänden verändern kann.

Aeußerſte Langſamkeit der Abkühlung. Nimmt man an, die durchſchnittliche Temperatur im Winter betrage in Paris 5° und das Schiff habe eine konſtante Temperatur von 12°, ſo iſt die Differenz 7°; aus den Verſuchen geht hervor, daß bei dieſem Temperaturunterſchied die Abkühlungsgeſchwindigkeit ſo gering iſt, daß man mit der Heizung 5 bis 6 Tage hindurch ausſetzen muß, um eine Erniedrigung von 1° zu erhalten.

Einfluß der Menſchenmenge und des Oeffnens der Thüren. Während eines ſehr ſtark beſuchten Gottesdienſtes ſteigt die Temperatur um 1° oder 2°; eine halbe Stunde nach dem Leerwerden der Kirche aber iſt von dieſer Erwärmung keine Spur mehr übrig. Dies ſcheint im erſten Augenblick ſonderbar; es rührt indeß daher, daß die Wände eine ſehr bedeutende Menge von Wärme abſorbiren können. Das Offenſtehen der Thüren ſcheint ohne Einfluß zu ſein, wiewohl man dieſelben mehrmals einige Stunden lang offen ſtehen ließ.

Vertheilung der Wärme in verſchiedenen Höhen. Zwei Thermometer hingen in einer Entfernung von 8 oder 9 Meter unter der Orgel; ein dritter hing am Geſims der Kuppel der Marienkapelle 18 oder 20 Meter hoch. Dieſe drei Thermometer, die 20 Tage hindurch drei bis fünfmal täglich nachgeſehen wurden, zeigten eine Temperatur, die nur um 0°25 bis 0°75 höher war als die durchſchnittliche Temperatur der zehn in einer Entfernung von 2 Meter über dem Boden befindlichen Thermometer. Dieſer Umſtand, den man auch unter andern ähnlichen Verhältniſſen bemerkte, rührt daher, daß die warmen Luftſtröme keine ſehr hohe Temperatur, einen geringen Umfang und eine geringe Schnelligkeit beſitzen, und daß ſich wegen der großen Zerſtreuungskraft der Luft die Wärme ſchnell in der ganzen Maſſe vertheilt, und zwar um ſo ſchneller, als die in dieſer Maſſe aus verſchiedenen ſogleich näher zu beſprechenden Urſachen entſtehenden Bewegungen ihrerſeits weſentlich zur Vermiſchung der verſchiedenen Partikeln beitragen.

Bewegung der Luft in dem Gebäude. An allen inneren Wandflächen und in einer etwas größeren Entfernung iſt die Lufttemperatur konſtant um 0°75 bis 1°50 geringer als im Centraltheil; folglich muß ein kalter Luftſtrom vorhanden ſein, der ſich längs der Wände hinzieht. Es iſt dies eine nothwendige Folge ihrer Erwärmungsmethode. Ein anderer gewiß ebenfalls ſehr einflußreicher Umſtand erzeugt in der Luftmaſſe ſehr verſchiedenartige Bewegungen; es ſind dies die Fenſterritzen. Die Totalſumme dieſer einen ſehr großen Flächenraum einnehmenden Ritzen macht die ungeheure Größe von 14 Quadratmeter aus, wie wir oben ſchon bemerkt haben; da aber die Oeffnungen ſehr klein ſind, ſo bewirken ſie eine ungleich geringere Ventilazion als eine einzige Oeffnung deſſelben Durchſchnitts. Da überdies dieſe Oeffnungen in ſehr verſchiedenen Höhen liegen und rechts und links vertheilt ſind, ſo bewirken ſie nicht nur das Ausſtrömen der eingeführten Luft, ſondern eine gewiſſe Anzahl derſelben muß auch die äußere Luft eindringen laſſen, ſelbſt wenn dieſe ruhig iſt. Offenbar muß unter dem Einfluß eines Windes, der zu irgend einer Wandfläche ſenkrecht iſt, die äußere Luft durch die Oeffnungen dieſer Wand eindringen und die innere Luft durch die entgegengeſetzte Wand ausſtrömen, weil hinter dieſer der atmoſphäriſche Druck vermindert ſein wird.

Innere Luftfänge. H. Grouvelle hat nur wenig innere Luftfänge angebracht, und ihr Effekt iſt nur gering. Es iſt dies ein ärgerlicher Umſtand, denn auch aus Sanitätsrückſichten hätte es nichts verſchlagen,

Digitized by Google

wenn man Luft aus dem Schiff genommen hätte, um ſie von neuem zu erwärmen, und es hätte ſich hieraus eine weſentliche Oekonomie ergeben.

Große Neigung des Waſſers zum Cirkuliren. Der geringſte Niveau- und Temperaturunterſchied reicht hin, um ſelbſt in engen Röhren eine deutliche Bewegung zu vermitteln. Unter der Hauptcirkulazion der Schädelſtätte, die 0m12 Durchmeſſer hat, iſt rechtwinklig eine Röhre von 0m08 Durchmeſſer und 23 Met. Länge angefügt, die hufeiſenförmig gekrümmt iſt und in einer Entfernung von 0m30 von ihrem Anhaltspunkt wieder zur Hauptleitung zurückkehrte. Die Neigung dieſer Röhre iſt ſehr ſchwach, und dennoch geht die Cirkulazion trefflich darin von Statten.

Um die Temperaturveränderungen im Innern der Kirche und außerhalb derſelben während der Dauer der Verſuche aufs deutlichſte zu zeigen, hat Hr. Pottier nach der Angabe von Hrn. Thomas dieſe Temperaturen durch Kurven dargeſtellt. Da dieſer graphiſche Entwurf die hauptſächlichſten Beobachtungsdaten am deutlichſten zeigt, ſo haben wir ihn im Maßſtab von $^1/_4$ der natürlichen Größe auf Seite 63 dargeſtellt. Die Zeiten ſind auf der Linie A B angegeben. Die Intervallen ab deuten eine Dauer von 24 Stunden zwiſchen zwei aufeinander folgenden Mitternächten des angegebenen Tages an. Die entſprechenden Temperaturen werden von ſenkrechten Linien bezeichnet. Die punktirte Horizontale C D entſpricht 15°. Eine Höhe von 0m00125 entſpricht einem Grad. Die obere Kurve ſtellt die durchſchnittlichen Temperaturen im Innern dar, indem die Temperaturen der warmen Luft zwei Meter unterhalb der Oeffnungen ſich wie 1 : 11 verhalten; die unmittelbar darunter liegende Kurve gibt die mittleren Temperaturen an, wie ſie von dem entfernt von den Wärmeöffnungen aufgeſtellten Thermometern gezeigt werden. Die dritte Kurve gibt die Temperatur der innern Wandfläche an. Die vierte Kurve endlich, deren Lauf die meiſten Sinuoſitäten zeigt, gibt die äußeren Temperaturen an. Die helle Farbe, die ſich bis zur höchſten Kurve erſtreckt, zeigt die Dauer der Heizung an, die dunklere Farbe ſtellt die Konſumzion von Brennmaterial dar; dieſe iſt für jeden Tag dem Flächenraum des gefärbten Rechtecks proporzional. Iſt die Konſumzion nicht kontinuirlich geweſen, ſo iſt dieſer Flächenraum ſo reducirt, wie wenn die Konſumzion während 24 Stunden gleichmäßig geweſen wäre. Die in den dunklen Rechtecken ſtehenden Zahlen zeigen die durchſchnittlichen Konſumzionen pro Stunde.

In der erſten Woche vom 17. bis 24. November	betrug die	Konſumzion	. . .	5560Kil.
In der zweiten Woche vom 24. Nov. bis 1. Dec.	„	„	. . .	5560Kil.
In der dritten Woche vom 1. bis 8. Dec.	„	„	. . .	2080Kil.
In der vierten Woche vom 8. bis 15. Dec.	„	„	. . .	1200 Kil.
In der fünften Woche vom 15. bis 22 Dec.	„	„	. . .	1885 Kil.
In der ſechſten Woche vom 22. bis 29. Dec.	„	„	. . .	1735 Kil.
In der ſiebenten Woche vom 29. Dec. bis 5. Jän.	„	„	. . .	5680 Kil.
In der achten Woche vom 5. bis 12. Jän.	„	„	. . .	3770 Kil.
In der neunten Woche vom 12. bis 18 Jän.	„	„	. . .	1700 Kil.

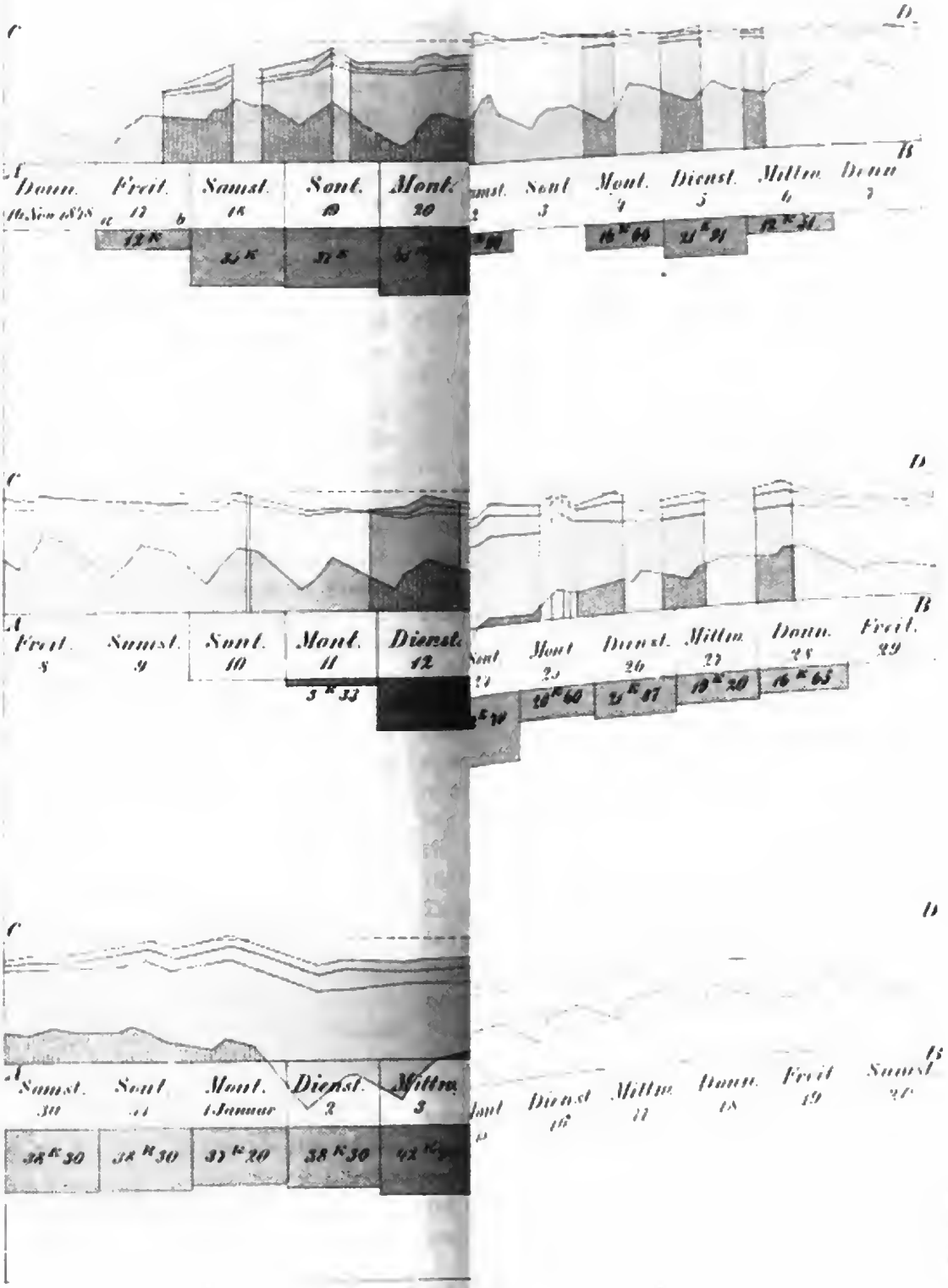
Mithin betrug die Totalkonſumzion in 63 Tagen 32170Kil. oder im Durchſchnitt 510Kil. auf den Tag.

Berechnung der Wirkungen, die durch die verſchiedenen Urſachen, welche die Wärme zerſtreuen, erzeugt werden.

Gehen wir von der erwieſenen Thatſache aus, daß bei einer Maximum-Wirkung des Apparats die Konſumzion an Kohlen 40 Kilogr. ſtündlich bei einem Temperaturunterſchied von 16° beträgt, ſo laſſen ſich die erzeugten Wärmemengen mit denjenigen vergleichen, die durch die bekannten Urſachen zerſtreut werden. In dem vorliegenden Fall wird die Wärme zerſtreut: 1. durch die Rauchröhre, 2. durch die Ofenwand, 3. durch die Kanäle, in denen die Luft erhitzt wird, 4. durch die Mauern und Fenſter, 5. durch das Ausſtrömen der warmen Luft durch die zahlreichen Fenſteröffnungen. Vergleichen wir den Keſſel mit einem Dampfkeſſel, ſo erzeugt jedes Kilogramm Kohle eine Wärmemenge, die der Verdampfung von 7 Kilogr. Waſſer von 100° entſpricht, d. h. 7. 550 = 3850. Die Differenz zwiſchen der Wärmebildungskraft der Kohle und dieſer Zahl ſtellt die durch die Eſſe und die Ofenwände verloren gegangene Wärme dar.

Mithin iſt in dem vorliegenden Fall die ent-

Digitized by Google



Digitized by Google

wickelte Totalmenge von Wärme = 3850 . 40 = 154000. Die durch die Mauern fortgepflanzte Wärme erhält man mit Hilfe der ſpäter mitzutheilenden Formeln, indem man die Dicke zu 0=50, den Unterſchied zwiſchen innerer und äußerer Temperatur zu 16°, und die Leitungsfähigkeit zu 1.27 annimmt; dergeſtalt findet man für die pro Quadratmeter und pro Stunde fortgepflanzte Wärmemenge 14,80 und für die Totalmenge der von den Wänden fortgepflanzten Wärme 5835. 14,80 = 86358. Die von den Fenſtern fortgepflanzte Wärme beträgt nach den neuen Formeln (ſiehe Abſchnitt II) bei einer Höhe von 4 Metern und 16° Temperaturunterſchied 40 Einheiten, und folglich iſt für die 850 Meter Fenſterfläche die fortgepflanzte Totalwärmemenge 860 . 40 = 34400.

Den Wärmeverluſt durch die Cirkulazionskanäle der Warmwaſſer- und Luftröhren braucht man nicht in Anſchlag zu bringen, weil dieſer Verluſt mit der Dauer der Heizung raſch ſchwindet, und weil ein Theil der Wärme, welche die Wand der Kanäle durchdringt, durch den Boden wieder in die Kirche gelangt.

Mithin iſt die Totalmenge der durch die Fenſter und Wände verloren gehenden Wärme gleich 86358 + 34400 = 120758, und der Wärmeverluſt durch die Ventilazion iſt 154000 — 120758 = 33242.

Hätte man die Geſchwindigkeit gemeſſen, mit der die warme Luft in die Kirche ſtrömt, da man den Totalquerſchnitt der Einſtrömungsöffnungen kennt, ſo ließe ſich das Volum ableiten, und nach dem Temperaturunterſchied zwiſchen innerer und äußerer Luft ließe ſich die in die Kirche geleitete Wärmemenge berechnen; dieſe müßte 154000 Einheiten betragen, wenn unſere Rechnung richtig iſt. Dies läßt ſich aber auch verificiren, wenn man durch zwei verſchiedene Prozeſſe, die faſt zu dem gleichen Reſultat führen, die Ventilazion berechnet.

Wir haben geſehen, daß die durch die Ventilazion verloren gehende Wärmemenge gleich 33242 Einheiten iſt; da nun aber die durch die Fenſterſpalten entweichende Luft die Temperatur der Scheiben hat, welche im vorliegenden Fall 8° höher iſt als die äußere Temperatur, ſo müßte der Wärmeverluſt pro Kubikmeter Luft 1,3 . 8 . 0,25 = 2,60 ſein, und folglich wäre das Volum Luft, welches ſtündlich aus der Kirche ausſtrömte, 33242 : 2,60 = 12785 Kubikmeter. Gelangt die Luft in die Cirkulazionskanäle der Warmwaſſerröhren zu — 4°, und verläßt dieſe, wie beobachtet wurde, mit 38°, ſo ergibt ſich eine Temperaturerhöhung von 42° für die Luft; bezeichnen wir alſo das durch die Oeffnungen ausſtrömende Volum warmer Luft mit x, ſo iſt x 1,3 . 42 . 0,25 = 154000, folglich x = 11282, eine Zahl, die unſerer zuerſt gefundenen ſehr nahe liegt. Um dieſes Luftvolum von 38° auf 12° zu reduciren, müßte man, wie es ſcheint, daſſelbe mit dem Verhältniß der Dilatazionskoefficienten multipliciren; es muß indeſſen bemerkt werden, daß die Zahl 1,3 mit dem umgekehrten Verhältniß multiplicirt werden müßte, und daß ſich folglich dieſe beiden Korrekzionen aufheben.

Der Wärmeverluſt pro Quadratmeter und pro Stunde durch die gefüllten Heißwaſſerröhren, die in den von der ſich erhitzenden Luft durchlaufenen Kanälen liegen, iſt ein ganz anderer, als wenn die Röhren an der freien Luft lägen. In der That entſteht der Wärmeverluſt in dieſen Röhren durch die von ihnen direkt an die Luft abgegebene Wärme und durch diejenige, welche von der Fläche des durch die Ausſtrahlung erhitzten Kanals an die Luft abgegeben wird. Dieſe Wärme hängt ohne Zweifel von der Geſchwindigkeit der Luft ab und wächſt mit dieſer Geſchwindigkeit nach unbekannten Geſetzen; aber ſie differirt nur wenig von derjenigen, welche durch die der freien Luft ausgeſetzten Röhre verloren ginge, wenn die Temperatur der freien Luft der durchſchnittlichen Temperatur der Luft bei ihrem Eintritt und Austritt aus dem Kanal gleich wäre. In dem vorliegenden Fall iſt die durch die Oeffnungen ausſtrömende Wärmemenge 154000 Einheiten. Da die Fläche der Röhren 168 Quadratmeter beträgt, ſo iſt die pro Quadratmeter fortgepflanzte Wärme 154000 : 165 = 933,3 bei einer mittleren Lufttemperatur von (4 + 38) : 2 = 21 und einem mittleren Temperaturunterſchied von 111 — 21 = 90. Aus den Formeln des zweiten Abſchnitts geht aber hervor, daß der Wärmeverluſt bei einem der freien Luft ausgeſetzten Gußeiſencylinder bei 90° Temperaturunterſchied gleich 466 für den durch die Ausſtrahlung bedingten Verluſt und 340 für denjenigen *Verluſt iſt*, der durch den Kontakt mit der Luft entſteht, im Ganzen alſo 806, welche Zahl von der von uns gefundenen wenig differirt.

Es muß bemerkt werden, daß bei einem Rauminhalt der Kirche von ungefähr 32000 Kubikmeter und

Digitized by Google

bei einer Ventilazion von nahezu 10000 Kubikmeter ſtündlich die Luft der Kirche achtmal täglich erneuert wird, und daß die Luft während einer Stunde und 10 Kubikmeter auf die Perſon gerechnet für 3200 Perſonen hinreichen würde.

V. Heizung und Ventilazion des großen Amphitheaters des Konſervatoriums der Künſte und Handwerke.

Die Heizung und Ventilazion dieſes großen Saals geſchieht durch Apparate, welche Hr. Duvoir-Leblanc errichtet hat. Ihre Wirkſamkeit wurde von dem Direktor des Konſervatoriums, Hrn Morin, geprüft, und die Reſultate ſeiner Beobachtungen bilden den Gegenſtand eines in den Berichten der Akademie der Wiſſenſchaften vom 26. April 1852 enthaltenen Aufſatzes, dem wir Folgendes entnehmen:

Man hat bis jetzt ſo wenig Daten und poſitive Verſuchsreſultate über die Ventilazion von Räumen, welche zur Wohnung oder zur Verſammlung einer kleineren oder größeren Anzahl Perſonen dienen, daß ich es für zweckmäßig hielt über dieſe für das allgemeine Sanitätsweſen wichtige Frage bei Gelegenheit einiger kürzlich an dem Ventilazionsapparat unſeres großen Amphitheaters vorgenommenen Veränderungen mehrere Unterſuchungen anſtellen zu laſſen. Die erſte Schwierigkeit beſtand darin ſich ein Inſtrument zu verſchaffen, mit dem ſich hinreichend genau und eine längere Zeit hindurch die Geſchwindigkeit der Luft in den von ihr durchlaufenen Kanälen meſſen ließ. Bisweilen entſtehen wirklich in der gleichzeitigen Bewegung der Luft in mehreren Leitungsröhren Störungen und Unterbrechungen, welche eine hinreichende Verlängerung der Beobachtungen nothwendig machen, damit man wenigſtens ſicher ſein kann ein hinreichend genaues Durchſchnittsreſultat zu erhalten. Anderſeits kann man ſo bedeutende Geſchwindigkeiten der Luft zu meſſen haben, daß die bis jetzt gebräuchlichen Inſtrumente nicht fähig ſind den gehörigen Widerſtand zu leiſten. Es ſchien mir ſomit nothwendig einen Anemometer machen zu laſſen, der mit bequemern Obſervazionsmitteln ausgerüſtet war, als es die bisher gebrauchten ſind. Die Ausführung übertrug ich dem Inſtrumentenmacher, Hrn. Bianchi, indem ich ihm folgende Bedingungen ſetzte. 1. Das Inſtrument müßte Geſchwindigkeiten der Luft zwiſchen 0^m40 bis 0^m50 und 30^m bis 40^m in einer Sekunde meſſen können. 2. Die Anzahl der Umdrehungen des Windrädchens müßte durch einen Zähler geſammelt werden, der mit Punktirnadeln verſehen wäre, und zwar während einer Zeit, die eine Stunde oder bei großen Geſchwindigkeiten 15 bis 30 Minuten betragen könnte. 3. Das Inſtrument müßte einen kleinen Raum einnehmen, um es in Leitungsröhren von geringem Durchſchnitt, in Ventilatoren u. ſ. w. und je nach den Umſtänden des Verſuchs in verſchiedenen Richtungen einführen zu können. Dieſe verſchiedenen Bedingungen wurden von dem Künſtler in dem der Akademie vorgelegten Inſtrument ſehr geſchickt erfüllt.

Beſchreibung des Anemometers. Das Flügelſchwungrad iſt auf einer ſehr dünnen ſtählernen Spindel befeſtigt, welche an ihren beiden Enden auf zwei Stützen und mit ihrer Mitte auf einer dritten Zwiſchenſtütze ruht. Die Löcher ſind mit hartem Stein beſetzt. Eine Schraube ohne Ende führt ein erſtes hundertzähniges Rad, deſſen Achſe eine doppelte becherförmige Nadel trägt, die vor einem emaillirten hunderttheiligen Kreiſe liegt; an dieſem Kreis laſſen ſich die Umdrehungen des Schwungrades bis zu 100 zählen. An der Achſe deſſelben Rades iſt noch eine andere Achſe ohne Ende, die ein zweites hundertzähniges Rad leitet, deſſen Achſe ebenfalls eine doppelte becherförmige Nadel trägt; dieſe letztere liegt ebenfalls vor einem hunderttheiligen Kreis, auf dem die Nadel die Umdrehungen des erſten Rades oder die Hunderte der Umdrehungen des Schwungrades bis zu 10000 markiren kann. Auf der Achſe dieſes zweiten Rades iſt endlich ein Sporn befeſtigt, der bei jeder Umdrehung dieſer Achſe den Zahn eines Minutenrades mit fünfzig Zähnen vorbeiläßt, wodurch 500000 Umdrehungen gezählt werden können. Der von Hrn. Bianchi ſinnreich angebrachte Punktirapparat wirkt gleichzeitig auf die beiden doppelten Nadeln, indem er einen Knopf fortdrückt oder anzieht, der an dem Ende eines 0^m60 langen Schaftes befindlich iſt; dieſer Schaft trägt den Apparat und erlaubt dem Beobachter ſich von dem Luftſtrom gänzlich zu iſoliren. Dieſe Fortpflanzung der Bewegung geſchieht mit gleicher Leichtigkeit, welche Richtung man auch der Büchſe, die das Flügelrad und ſeinen Zähler trägt und die ſich je nach der Beobachtung nach verſchiedenen Richtungen drehen läßt, geben mag. Erſatzflügel von verſchiedenen Durchmeſſern kön-

Digitized by Google

nen ferner ſubſtituirt werden, je nachdem man das Inſtrument für ſchwache Geſchwindigkeiten der Luft mehr oder weniger empfindlich machen will.

Tara des Inſtruments. Die wichtige Operazion, um ſich mit Sicherheit eines ſolchen Inſtruments bedienen zu können, iſt die ſeiner Tara oder die Beſtimmung des Verhältniſſes, welches zwiſchen der Anzahl der Umdrehungen der Flügel und den verſchiedenen Geſchwindigkeiten der Luft beſteht. Hierbei iſt man folgendermaßen verfahren. Eine vertikale Welle mit einem Haſpel und einem horizontalen Hebelarm von 8 Meter Durchmeſſer an ſeinem oberen Theile wurde in dem Schiff der alten Kirche der Abtei Saint-Martin aufgeſtellt. Durch eine Reihe von Rollen, von denen eine an dem oberen Gebälk des Schiffs in einer Höhe von 18 bis 20 Meter befeſtigt war, wurde vermittelſt eines Gewichts an einem Seil, welches ſich auf den Haſpel rollte, dieſer vertikalen Achſe eine Bewegung mitgetheilt, die durch die Form des horizontalen Arms ſchnell beinahe gleichmäßig wurde. Der Anemometer ſtand an dem Ende des Radius von 4 Metern, welcher von dem horizontalen Arm dergeſtalt gebildet wurde, daß ſeine Achſe zum beſchriebenen Umkreis eine Tangente war. Bei einem ſo einfachen Bewegungsſyſtem konnte der neben der vertikalen Welle ſtehende Beobachter auf das Zeichen eines anderen mit dem Zählen der Umdrehungen der ſenkrechten Welle beauftragten Beobachters leicht den Punktirapparat des Zählers nach Willkühr funkzioniren laſſen. Dergeſtalt konnte man die Anzahl der Umdrehungen der vertikalen Welle oder die Uebertragungsgeſchwindigkeit des Anemometers ſo wie die Anzahl der Umdrehungen der Flügel des Inſtruments leicht gleichzeitig notiren und vergleichen. Ueberdies bemerkte man, daß die Größe des Radius des von dem Anemometer beſchriebenen Kreiſes hinreichend war, um die Wirkung der durch die Kreisbewegung bedingten ſchiefen Lage unſchädlich zu machen. Durch einen Wechſel mit den die Bewegung vermittelnden Gewichten konnte die Geſchwindigkeit allmählig bis auf ungefähr 9 oder 10 Meter gebracht werden.

Dieſe an mehreren Inſtrumenten angeſtellten Verſuche führten zu der Formel

$$V = a + bn;$$

Hier iſt V die Geſchwindigkeit des Inſtruments pro Sekunde, n die Anzahl der Umdrehungen der Flügel in derſelben Zeit, a und b ſind konſtante Größen, die nur bei jedem Inſtrument andere ſind.

Bemerkungen über die Tarirungsmethode des Inſtruments. In dem Vorſtehenden iſt vorausgeſetzt, daß die Wirkung der im Zuſtand der Ruhe befindlichen Luft auf einen ſich bewegenden Körper dieſelbe iſt, wie die der mit derſelben Geſchwindigkeit ſich bewegenden Luft auf einen im Zuſtand der Ruhe befindlichen Körper. Ohne jetzt etwas für oder gegen den von Dubuat aus ſeinen Verſuchen über dieſe beiden Wirkungen abgeleiteten Unterſchied ſagen zu wollen, bemerke ich nur, daß hier dieſer Unterſchied, wenn einer beſteht, gering genug ſein muß, um überſehen werden zu können. Ueberdies gibt es, ſovie man weiß, kein bekanntes Mittel, anders zu verfahren, als Morin es gethan hat und die folgenden Verſuche werden, das Vorſtehende beſtätigen.

Da die Fortpflanzungsgeſchwindigkeit des Anemometers bei dem angewendeten Apparat die von 10 Meter in einer Sekunde nicht wohl überſchreiten konnte, ſo mußte man ein anderes Mittel ſuchen, um die Tarirung der Inſtrumente auf größere Geſchwindigkeiten auszudehnen. Zu dieſem Zweck wurde ein Ventilator von 0m30 Durchmeſſer mit flachen in einer Richtung mit dem Radius laufenden Flügeln angewendet, der ein Eigenthum des Konſervatoriums iſt, und die cylindriſche Röhre, in welche er die Luft trieb, richtete man dergeſtalt ein, daß ihr Querdurchſchnitt den gleichen Flächenraum hatte wie die Flügel; auch alle Durchſchnitte der von der rechteckigen Ausſtrömungsöffnung des Ventilators ausgehenden Leitung hatten denſelben Flächenraum wie dieſe cylindriſche Röhre, ſo daß eine Veränderung der Geſchwindigkeit der Luft ſo viel als möglich verhütet wurde. Dieſer Ventilator wurde bei der kleinen Dampfmaſchine des Konſervatoriums aufgeſtellt, und die Bewegung wurde durch das Zwiſchenmittel eines Rotazionsdynamometers, durch die Anwendung von Rollen von ſchicklichen Durchmeſſern auf den Ventilator übertragen; dergeſtalt ließ ſich mit der Geſchwindigkeit des Ventilators von 127 bis 2220 Umdrehungen in der Minute variiren. Indem man ihn anfangs nur langſam gehen ließ, konnte man ſich, um die Geſchwindigkeit der Luft in der Röhre zu meſſen, der mit dem Rotazionsapparat mit der ſenkrechten Achſe gemachten Tarirung bedienen und aus der Anzahl der Umdrehnngen des Anemometers die Geſchwin-

Digitized by Google

digkeit der Luft in der Röhre bis zu 10 oder 12 Meter in einer Sekunde ableiten. Indem man alsdann die durchſchnittliche Ausſtrömungsgeſchwindigkeit der Luft mit der der durchſchnittlichen Umdrehungen der Flügel des Ventilators verglich, ſah man, daß ſie in einem konſtanten Verhältniß ſtanden; war die Geſchwindigkeit des Ventilators V' und die der Luft V, ſo erhielt man das Verhältniß

$\frac{V'}{V} = K$, oder $V = KV'$, und folglich $KV' = a + bn$ oder $V' = \frac{a}{K} + \frac{b}{K} n$.

Dies beweiſt, daß innerhalb dieſer Geſchwindigkeitsgrenzen die Geſchwindigkeiten der Flügel des Ventilators denen der Flügel des Anemometers proporzional waren. Als dies einmal bekannt war, ließ man den Ventilator allmählig immer ſchneller gehen und notirte die Anzahl n der von dem Anemometer in einer Sekunde gemachten Umdrehungen; indem man nun annahm, daß das obige konſtante Verhältniß K bei großen wie bei kleinen Geſchwindigkeiten gleich bleibe, leitete man daraus die Durchſchnittsgeſchwindigkeit der die Flügel treffenden Luft ab. Trug man nun dieſe Zahlen der Umgänge als Ordinaten und die Geſchwindigkeit als Abſciſſen auf derſelben Figur auf, welche für die vorhergehenden Verſuche gemacht war, ſo fand man noch daß die auf dieſe Art beſtimmten Punkte in der Verlängerung derſelben geraden Linien lagen, welche das Verhältniß $V = a + bn$ ergab. Dieſes Zuſammentreffen der Reſultate der beiden Reihe von Verſuchen beweiſt die gleichzeitige Permanenz der beiden Verhältniſſe $V = a + bn$ und $V = KV'$ bis zu den größten Geſchwindigkeiten. In der That weil man, wenn V gleich KV' iſt, auch bei großen Geſchwindigkeiten $KV' = a + bn$ hat, wie es aus dem graphiſchen Entwurf hervorgeht, ſo folgt, daß die Verhältniſſe $a : K$ und $b : K$ konſtante ſind, was nur dann der Fall ſein kann, wenn a, b und K konſtant ſind. Denn ſetzen wir $a : K = c$ und $b : K = c'$, ſo ſind c und c' zwei konſtante Größen. Hieraus folgt

$K = \frac{a}{c}$, und $\frac{b}{K} = \frac{bc}{a} = c'$; folglich $\frac{b}{a} = \frac{c}{c'}$,

wodurch nothwendig bedingt wird, daß b konſtant ſei, weil der Koefficient a von der Geſchwindigkeit oder der Anzahl der Umdrehungen unabhängig iſt.

Hieraus geht hervor: 1. daß durch die mit dem Ventilator angeſtellten Verſuche die Tarirung der Anemometer bis zur Geſchwindigkeit von ungefähr 40 Meter ausgedehnt wurden, was die gewöhnlichen Bedürfniſſe bei Beobachtungen weit überſchreitet; 2. daß ein konſtantes Verhältniß zwiſchen der Rotazionsgeſchwindigkeit der Ventilatoren und der Geſchwindigkeit der von ihnen in eine Röhre getriebenen oder eingeſogenen Luft exiſtirt; das Verhältniß hängt übrigens nicht nur von den Dimenſionen der Röhren, ſondern auch von den mittleren Einlaßöffnungen des Ventilators ab, wie aus einigen Verſuchen deutlich hervorgegangen iſt; 3. daß man künftig, wenn dieſes Verhältniß der Geſchwindigkeit der aus einem gegebenen Ventilator ausgetriebenen Luft zur Anzahl der Umdrehungen dieſes Ventilators bekannt iſt, die Anemometer jeder Art, ſowohl diejenigen, deren Umdrehungen man beobachten will, als die Druckanemometer mit Hilfe eines Ventilators leicht tariren kann. Dieſes iſt viel bequemer als unſer erſtes Mittel; auch läßt ſich hierbei die Tarirung auf ſehr große Geſchwindigkeiten ausdehnen.

Nach dieſer unerläßlichen Angabe der vorläufigen Verſuche, durch welche alſo das Verhältniß der Anzahl der Umdrehungen der Anemometerflügel zur Geſchwindigkeit der die letzteren treffenden Luft beſtimmt worden iſt, wollen wir jetzt die Reſultate der über die Ventilazion des großen Amphitheaters im Konſervatorium angeſtellten Verſuche näher betrachten.

Anordnung des Ventilazionsapparats des Amphitheaters. Die Ventilazion dieſes ungeheuren Lokals, in dem Abends 700 bis 800 und ſelbſt oft mehr Zuhörer verſammelt ſind, und das ſo geheizt werden muß, daß bei zwei aufeinander folgenden Vorleſungen, deren Beſuch quantitativ oft ſehr verſchieden iſt, die Temperatur faſt ganz gleich bleibt, bot ziemlich große Schwierigkeiten dar. Eine vor mehreren Jahren getroffene erſte Einrichtung ſtellte ſich als nicht zweckmäßig heraus. Die Einſaugungsröhren hatten kaum 0^m65 Totaldurchſchnittsfläche; die Eſſe 0^m49, und in ihrem oberen Theil war kein Zug vorhanden. In Folge dieſer zu geringen Dimenſionen erreichte die Temperatur eine beträchtliche Höhe und im oberen Theil des Amphitheaters war die Luft verdorben. Zuweilen wurden die Zuhörer dadurch ungemein beläſtigt. Hr. Morin verſtändigte ſich mit dem Architekten des Konſervatoriums, und Hr. Léon Duvoir wurde mit einer Veränderung des bisherigen Apparats beauftragt. Dieſe beſtanden kurz in folgendem: das große Amphitheater des Konſervatoriums wird wäh-

Digitized by Google

rend der Stunden der öffentlichen Vorleſungen dergeſtalt geheizt, daß die Temperatur nicht unter 15° beträgt; in der Regel aber beträgt ſie bei einer Verſammlung von 800 Perſonen bis 20°, was bei gewiſſen Vorleſungen ſtets der Fall zu ſein pflegt. In allen Theilen des Amphitheaters, oben ſowohl wie unten, muß die Temperatur gleich ſein. Ueberdies muß ohne Beſchwerde für die Zuhörer eine hinreichende Menge Luft entfernt werden, um jeder unangenehmen Emanazion vorzubeugen. Zu dem Zweck brachte Hr. Léon Duvoir unten an den Stufen des Amphitheaters unter den Beinen der Zuhörer Zugöffnungen an, welche mit Leitungsröhren unter den Stufen kommuniciren. Von dieſen 39 Oeffnungen haben 34 Dimenſionen von 0m08 bei 0m20 und ſind bis zu zwei Dritteln der Höhe des Amphitheaters allenthalben vertheilt; die fünf anderen liegen unter der erſten Stufe und haben 0m15 bei 0m60 Oeffnung. Alle dieſe Leitungsröhren ſammeln ſich in einem unterhalb des Amphitheaters liegenden Raum, der auch den Warmwaſſerkeſſel enthält. In dieſen Raum münden bei einer Höhe von 0m50 über dem Boden vier Zugöffnungen, die ſich in eben ſo viele vertikale Leitungsröhren verlängern; dieſe letzteren vereinigen ſich in eine einzige horizontale Röhre, die mit einer großen Zugeſſe kommunicirt, in deren unterem Theil ein Herd ſteht, der aber nur im Falle der Noth angezündet wird. Cirkulazionsröhren mit heißem Waſſer, die hie und da Erweiterungen haben, welche Flaſchen (Bouteilles) heißen, laufen am Boden der horizontalen Leitungsröhre, um daſelbſt die Luft zu erhitzen und eine Aſpirazion zu erzeugen. Die vertikale Eſſe enthält zwei gußeiſerne Röhren, von denen die eine mit dem Ofen einer Dampfmaſchine kommunicirt und die andere, die immer warm iſt, dem Heizofen als Anfang einer Eſſe dient. An dieſe Röhren ſtoßen zwei andere kleinere, welche die Eſſe des kleinen Hilfsofens bilden; dieſer letztere dient dazu, um nach Bedürfniß den Luftzug zu beſchränken oder zu beſchleunigen. An der Decke des Amphitheaters über den höchſten Stufen iſt eine große Zugöffnung angebracht, die mit einer in die große Eſſe mündenden horizontalen Röhre in Verbindung ſteht. Die Durchſchnitte der Kanäle für die aus dem Amphitheater ſich entfernende Luft ſind folgende:

Zugöffnung in der Herdkammer, 0m50 unter dem Eingang.	Nr. 1. rechts vom Eingang	0,560	0,500	= 0m280000
	Nr. 2. links vom Eingang	0,618	0,480	= 0m296440
	Nr. 3. links am Herd	0,587	0,514	= 0m301718
	Nr. 4. rechts am Herd	0,543	0,524	= 0m284532
Röhre oberhalb des Amphitheaters, 0,700 bei 0,700				0m49
Totalflächenraum der Zugöffnungen				1m652890

Zugeſſe.

Durchſchnitt in der Höhe des Sehlochs, 1m100 bei 1m030	1m133000
Für den Durchſchnitt der gußeiſernen Röhren abzuziehen	0m187000
Durchſchnitt der freien Paſſage	0m946000.

Folglich beträgt der Durchſchnitt der Eſſe nur 0,946 : 1,653 0,57 von dem der Zugöffnungen, wodurch eine größere Geſchwindigkeit an der Mündung der Leitungsröhren in die Eſſe bedingt wird. Uebrigens ſieht man ein, daß ſich dieſer Uebelſtand ſchwer vermeiden läßt, ohne die Eſſe in ſehr großen und koſtſpieligen Dimenſionen aufzuführen.

Verfahren bei den Verſuchen. Um die durch die fünf Oeffnungen ausſtrömende Luftmenge zu beſtimmen, war es, wie ſich bei den erſten Verſuchen zeigte, beinahe unerläßlich die Beobachtungen eine geraume Zeit hindurch dauern zu laſſen, um ſich vor den ſehr beträchtlichen Störungen, die durch die Luftbewegung entſtehen, vollkommen zu ſichern. Zuweilen iſt es in der That der Fall, daß ohne augenſcheinliche Urſache auf eine ſehr große Geſchwindigkeit eine ſehr geringe folgt. Ferner ſtellte ſich die Nothwendigkeit heraus, die Anemometer dergeſtalt in die Leitungsröhren einzuführen, daß ihre Entfernung von der Mündung der Röhre wenigſtens der Breite gleich war, damit ſie da, wo die flüſſigen Fäden beinahe parallel laufen, dem Luftſtrom ausgeſetzt waren. Von den fünf Anemometern, die hier zu Gebote ſtanden, kamen vier in die Röhren der unteren Kammer, und der fünfte in die obere Lei-

Digitized by Google

tungsröhre zu ſtehen. Während man die Ausſtrömungsgeſchwindigkeit der Luft beobachtete, notirte man zugleich die Temperatur des Amphitheaters unten und oben, die Anzahl der Perſonen in demſelben und die Temperatur der Luft ſowohl der Röhren als der äußeren Atmoſphäre. Ohne in die Details jedes Verſuchs einzugehen, wollen wir nur von jedem derſelben das ſummariſche Reſultat in der folgenden Tabelle geben. Da es aus verſchiedenen Umſtänden zuweilen unmöglich war, ſowohl oben an der Eſſe als unten an den Röhrenmündungen die Beobachtungen zu gleicher Zeit vorzunehmen, ſo hat man ſich in Hinſicht auf die obere Oeffnung dadurch zu helfen geſucht, daß man für dieſelbe den Durchſchnitt aller Beobachtungen nahm. Dies ging um ſo mehr an, als die Unterſchiede der einzelnen Beobachtungen immer ſehr gering waren. Man fand

am 18. Februar 3999 Kubikmeter in der Stunde
„ 1. März 3133 „ „ „ „
am 7. März 3403 „ „ „ „
„ 8. März 3094 „ „ „ „
„ 12. März 3776 „ „ „ „

im Durchſchnitt 3481.

Dieſer Werth iſt in der Tabelle bei allen Verſuchen, wo man an der oberen Oeffnung keine Beobachtungen anſtellen konnte, mit einem Sternchen bezeichnet; er gibt die Höhe der entleerten Luftmenge an.

Hier folgen zwei Tabellen über die Reſultate der Verſuche; wir wollen mit Umgehung unweſentlicher Details nur ein Reſumé geben.

Daten der Beobachtungen.	Totalraum der ſtündlich durch die 5 Oeffnungen entleerten Luft.	Volum der ſtündlich pro Perſon entleerten Luft.	Temperaturen im Amphitheater. oben.	unten.	Aeußere Temperaturen.
12. Febr., 450 Perſonen im Amphitheater	10350m33	23m20	20°0	19°0	— 1°2
14. Febr., mit 775 Perſonen	11657m97	15m04	20°0	19°0	+ 3°4
18. Febr., mit 850 bis 900 Perſonen . .	12711m17	16m00	20°0	18°5	+ 7°2
27. Febr., mit 800 Perſonen	12550m46	17m40	20°0	18°5	+ 1°7
1. März, 725 bis 750 Perſonen . . .	11976m78	16m60	19°5	18°5	+ 5°2
2. März, 750 Perſonen; die Mündung Nr. 2 blieb während des Verſuchs verſtopft	10052m96	14m20	20°0	18°5	+ 6°4
7. März, 800 Perſonen; Mündung Nr. 2 verſtopft	7133m94	8m9	20°0	18°50	+ 7°4
8. März, 800 Perſonen; Mündung Nr. 2 verſtopft	7834m39	9m25	20°0	19°0	+ 8°1
12. März, 800 Perſonen	9556m39	11m90	20°0	19°0	+ 5°3

In der folgenden Tabelle ſind die vier erſten Zahlen hinter dem Datum des Verſuchs die Volume der ſtündlich durch die Oeffnungen in den Herdraum der Zugeſſe dringenden Luft; die fünfte Zahl iſt das Volum der Luft, die aus der Oeffnung des obern Theils des Amphitheaters kommt: die ſechſte Zahl iſt die Summe der beiden vorigen; die eingeklammerten Zahlen ſind die Volume der pro Quadratmeter Durchſchnitt ſtündlich ausgezogenen Luft.

12. Februar . . .	2089m58 (7090)	2086m46 (7050)	1517m52 (5020)	1175m76 (4140)	3481m00 (7104)*	10350m33
14. „ . . .	2287m15 (8200)	2509m56 (8450)	1590m55 (5300)	1789m70 (6300)	3481m00* (7104)*	11657m97
18. „ . . .	2167m20 (7750)	2081m21 (7400)	2181m99 (7400)	2281m71 (8050)	3998m99 (8120)	12711m17
27. „ . . .	2244m81 (8000)	2443m10 (8250)	1887m62 (6280)	2493m92 (8800)	3481m00* (7104)*	12550m46
1. März . . .	1870m85 (6700)	2063m55 (8950)	2178m18 (7250)	2383m2 (8400)	3481m00 (7104)	11976m78

Digitized by Google

2. März . . .	2256m91	0	2317m82	2345m36	3132m64	10052m96
	(8080)	0	(7700)	(8250)	(6400)	
7. „ . . .	1098m72	0	1277m35	1355m12	3402m75	7133m94
	(3920)	0	(4240)	(4760)	(4950)	
8. „ . . .	1521m07	0	1455m48	1313m74	3094m05	2384m39
	(5490)	0	(4830)	(4620)	(6300)	
12. „ . . .	1372m89	1240m97	1793m88	1372m43	3776m17	9556m39
	(4900)	(4180)	(5959)	(2830)	(7700)	

Bemerkung. Der Verſuch vom 18. Februar wurde mit einem kleinen Anemometer von dem Syſtem des Hrn. Combes wiederholt; die Tarirung dieſes Anemometees ergab die Formel $V = 0^m15 + 0,10\,N$; hier iſt V die Geſchwindigkeit pro Sekunde und N die Anzahl der Umdrehungen pro Sekunde. Die Reſultate waren folgende:

	Dauer des Verſuchs.	Anzahl der Umdrehungen.	Volumen der ſtündlich ausſtrömenden Luft.
	Minuten.		Meter.
Oeffnung Nr. 1	120	2360	2095
„ „ 2	120	1700	1692
„ „ 3	120	1620	1847
„ „ 4	120	1760	1891
Obere Röhren	120	2020	3355
		Summa	10880

Aus der vorſtehenden Tabelle geht hervor, daß der mit dem neuen Anemometer angeſtellte Verſuch eine Summa von 12711m11 pro Stunde ergeben hat, alſo um 1831 Kubikmeter oder $1 : 5,95 = 0,168$ mehr als mit dem leichteren Anemometer von Combes; bei dem letzteren Inſtrument ſind Irrthümer unvermeidlich, da es immer eine gewiſſe Zeit braucht, bis das ſich zu bewegen anfangende Inſtrument eine regelmäßige Geſchwindigkeit erlangt. Der neue Anemometer, der auch bei großen Geſchwindigkeiten aushält, hat auch bei einer Geſchwindigkeit von 1 Meter und darunter dieſelbe, wenn nicht eine größere Empfindlichkeit als der Anemometer von Combes.

Prüfung der Reſultate. Die eingeklammerten Zahlen der obigen Tabelle ſind die pro Quadratmeter aus jeder Röhre bei jedem Verſuch ausſtrömenden Luftvolume; man bemerkt, daß in ſolchen Fällen, wo die entleerten Volume 11 bis 12000 Kubikmeter Luft pro Stunde nicht erreicht haben, die Unregelmäßigkeiten ſehr bedeutend ſind; dies rührt ohne Zweifel daher, daß der Zug nicht kräftig genug war. Hat dagegen das austretende Luftvolum die obigen Zahlen erreicht oder überſchritten, ſo kommen die beobachtete Geſchwindigkeit und das pro Quadratmeter Durchſchnitt entleerte Volum Luft ziemlich auf eins heraus. Indem man die Oeffnung Nr. 2 ſchloß, iſt der Totalflächenraum der Paſſagen ein anderer geworden, und das Volum hat ſich demgemäß verringert, ohne daß ſich die Geſchwindigkeit merklich verändert hätte. Dies beweiſt, wie nothwendig für die Entleerung weite Oeffnungen ſind. Bei den Verſuchen, welche das größte Volum Luft ergeben haben, hat die Geſchwindigkeit 2 Meter bis 2m15 in der Leitungsröhre nicht um viel überſchritten, und bei den Verſuchen mit den geringſten Luftvolumen iſt die Geſchwindigkeit nicht unter 1 Meter bis 1m10 geſunken. Am 12. 14. und 27. Februar, an welchen Tagen die Temperatur ziemlich niedrig und in der Nähe des Nullpunkts ſtand, wuchs das Volum mit der Anzahl der Zuhörer, obwohl in einem ſehr geringen Verhältniß, wie in dem folgenden Reſumé zu erſehen iſt.

	Februar		
	12	14	18
Anzahl der Zuhörer	450	775	800 bis 850
Entleertes Luftvolum pro Stunde . .	10350	11657	12711

Der Einfluß der Perſonenanzahl iſt alſo hier nicht ſo groß, daß bei der Einrichtung von Apparaten nothwendig Rückſicht darauf genommen werden müßte.

Bei ſehr zahlreichen Verſammlungen von Perſonen aber, deren Lebensprozeſſe durch energiſche Leibesübungen geſteigert würden, mag ſich die Sache freilich anders verhalten.

Nehmen wir an, die Luft wäre mit einer Durchſchnittstemperatur von 17° und unter einem Druck von 1Kil.033 pro Quadratcentimeter entleert, ſo würde ihr Gewicht ungefähr 1Kil.222 pro Kubikmeter betragen.

Digitized by Google

Als Maximum der ſtündlichen Luftentleerung ergaben ſich 12711 Meter oder 12711 : 3600 = 3m53 in einer Sekunde mit einer Geſchwindigkeit von 2m17 in den Röhren und ungefähr 3m76 in der Eſſe. Hieraus folgt, daß der Nutzeffekt der Ventilazion nur $\frac{1}{2} \cdot \frac{3{,}53 \,.\, 1{,}22}{9{,}81} \times \overline{3{,}76^2} = 3{,}13$ Kilogrammeter betrug. Dieſes Reſultat beweiſt, daß es bei Ventilazionen dieſer Art unnütz iſt ſeine Zuflucht zu Ventilatoren zu nehmen, die durch mechaniſche Kräfte getrieben weeden; nur wenn viel beträchtlichere Luftmaſſen zu entleeren ſind, kann man von dieſen Mitteln einen Vortheil erwarten.

Beſtändigkeit der Temperatur. Dadurch, daß die Luftcirkulazion und der Zug unten bedeutender als oben war, blieb ſich die Temperatur oben wie unten beinahe gleich; die in der Tabelle angegebenen Veränderungen überſchritten nie 1°5 auf 20° oder die höchſte Temperatur.

Reinheit der Luft. Eben ſo hat man bemerkt, daß ungeachtet der ſehr beträchtlichen Perſonenzahl, die größtentheils aus Arbeitern beſtand, welche den ganzen Tag in ihren Werkſtätten zugebracht hatten, die Luft frei und rein von jedem unangenehmen Geruch war.

Volum der pro Perſon entleerten Luft. Das entleerte und folglich wieder nachſtrömende Volum Luft pro Perſon war bei den zahlreichſten Verſammlungen und bei der kräftigſten Ventilazion

am 14. Februar bei	775	Perſonen . . .	11658m	pro Stunde,	15m10 pro Perſon
am 18. „ „	850	„ . . .	12711m	„ „	15m00 „ „
am 27. „ „	800	„ . . .	12550m	„ „	15m60 „ „
		Durchſchnitt . .	15m23	pro Perſon und pro Stunde.	

Bei weniger kräftigen Ventilazionen waren die Volume folgende:

am 7. März bei	800	Perſonen . . .	7134m	pro Stunde,	8m9 pro Perſon.
am 8. „ „	„	„ . . .	7384m	„	9m2 „
am 12. „ „	„	„ . . .	9556m	„	11m0 „
		Durchſchnitt			10m0 „

Obgleich im letzteren Fall die Luft nicht verdorben ſchien und kein Geruch zu verſpüren war, ſo glaube ich doch, daß dies größte Verhältniß von 15 bis 16 Meter pro Perſon und pro Stunde für Ventilazionsprojekte als Baſis dienen muß. Es ließe ſich ſelbſt noch erhöhen, wie ich glaube, wenn nur die Zugöffnungen zahlreich genug ſind, daß die Geſchwindigkeit des von ihnen erzeugten Luftſtroms dem Publikum nicht bemerkbar wird. Man darf nicht vergeſſen, daß dieſes Datum nur für Amphitheater und für Räume gilt, welche geſunde Perſonen aufnehmen, nicht aber für Krankenſäle und namentlich nicht, wenn Verwundete in dieſen liegen. Früher iſt durch ſpecielle Verſuche dargethan werden, daß im Spital Beaujon die pro Kranken und pro Stunden entleerte Luftmenge zwiſchen 40 und 60 Kubikmeter variirte, und daß dies kaum hinreichend war, ſelbſt wenn keine ſchweren Wunden da waren.

Volum der pro Quadratmeter Durchſchnitt entleeten Luft. Aus der obigen Tabelle, welche die Totalflächenräume der Querdurchſchnitte der Paſſagen und die Durchſchnittsgeſchwindigkeiten der Luft enthält, leitet man leicht das pro Quadratmeter Durchſchnitt entleerte Luftvolum ab; dies zu erkennen iſt bei der Einrichtung von Ventilatoren von großem Belang. Stellt man die Reſultate zuſammen, ſo erhält man folgende Zahlen:

Daten.	Totalvolum der pro Stunde entleerten Luft.	Schätzungswerth pro Quadratmeter Durchſchnitt.	Durchſchnittsgeſchwindigkeiten.	
			in den horizontalen Röhren.	in der Eſſe.
18. Februar.	12711m116	7700	2m17	3m81
27. „	12550m460	7600	2m12	3m72
1. März.	11976m784	7250	2m02	3m54
	Geringere Schätzungen.			
7. März.	7133m94	5300	1m47	2m58
8. „	7384m39	5460	1m52	2m67
12. „	9556m39	7100	1m98	3m45

Digitized by Google

Es muß hinzugefügt werden, daß das Feuer auf dem Zugherde nur ſehr ſchwach brannte und daß die Erwärmung der Eſſe durch die bloße Heizungsröhre und die der horizontalen Leitungsröhren durch die mit heißem Waſſer gefüllten Flaſchen vollkommen zu genügen ſchien. Es iſt zu bedauern, daß die auf dem Herd verbrannten Kohlen nicht beſonders gemeſſen wurden. Die Totalkonſumzion an Kohlen für Heizung und Ventilirung variirte täglich zwiſchen 180 und 225 Kilogr., im Durchſchnitt alſo 200 Kilogr. auf den Tag.

Schlußfolgerungen. Aus allen dem geht kurz hervor, daß die Einrichtung zur Ventilazion des großen Amphitheaters, welches zuweilen 8 bis 900 Perſonen faßt, folgende Reſultate ergab: 1. die Temperatur war in allen Theilen des Amphitheaters faſt dieſelbe. 2. Nie ſchien die Luft daſelbſt verdorben oder mit einem übeln Geruche geſchwängert zu ſein. 3. Das pro Perſon ſtündlich entleerte Volum Luft belief ſich bei den großartigſten Ventilirungen auf 15m23 und bei den geringſten auf 10 Meter. Dieſe Reſultate, welche alle den geſundheitsmäßigen Zuſtand trotz der Gegenwart von ſo vielen Zuhörern und von 48 brennenden Lampen durchaus garantiren, beweiſen, daß der Apparat des Herrn Leon Duvoir Leblanc alle Bedingungen ſowohl einer guten Heizung als einer hinreichenden Ventilazion aufs beſte erfüllt.

Bemerkungen über den Anemometer des Hrn. Morin. Hr. Morin ſpricht in dem vorſtehenden Auszuge ſeines Aufſatzes nur von dem, was er gethan hat, weil er vorausſetzte, daß die Perſonen, zu denen er ſprach, mit allen Vorgängen aufs genaueſte bekannt wären. Hier aber müſſen wir darauf hinweiſen, wie es damals, als ſich Hr. Morin damit beſchäftigte, um die Anemometer ſtand. Sicher iſt Hr. Combes der erſte, der ſich ernſtlich mit den Anemometern und ihrer Graduirung beſchäftigte. Der im Jahre 1838 bekannt gewordene und von Hrn. Newmann ausgeführte Anemometer hat ſehr gute Dienſte geleiſtet und iſt heute in den Händen aller Ingenieure, die ſich mit der Heizung und Ventilazion beſchäftigen. Der Anemometer des Hrn. Morin iſt eben ſo eingerichtet wie der von Combes; nur hat er drei Räder anſtatt zwei, und die Nadeln ſind becherförmig: Modifikazionen, die ihr Gutes und ihr Schlechtes haben, wie in der Folge angegeben werden wird. Die Methode, welche Hr. Morin befolgte, um die Formel zu finden, vermittelſt derer die Ausſtrömungsgeſchwindigkeit der Luft aus der Anzahl der Umdrehungen des Flügelrades beſtimmt wird, iſt genau dieſelbe, welche Combes befolgte. Die Formel Morin's $V = a + b N$ iſt dieſelbe wie die von Combes; ſie wurde ſeit 15 Jahren von Newmann durch eine große Anzahl Verſuche beſtätigt. Die unter der Leitung Morin's ausgeführten Verſuche ſind mithin nur eine neue Beſtätigung einer bekannten und richtigen Formel. Bei den früheren Verſuchen aber überſtieg die Geſchwindigkeit nie 2 bis 3 Meter pro Sekunde, während ſie bei den neueren 40 Meter erreichte; folglich iſt die Formel von Combes auch bei den größten Geſchwindigkeiten verificirt, was ſehr wichtig iſt. Der von Bianchi ausgeführte Anemometer Morin's iſt zum Gebrauche ſehr bequem. Durch die becherförmigen Zeiger kann man den Anfang und das Ende der Verſuche auf dem Kreiſe deutlich erkennen, und die Anzahl der geſchehenen Umdrehungen kann hier leichter beſtimmt werden als bei dem Inſtrumente von Combes. Man kann den Verſuch beginnen, wenn das Flügelrad bereits die Rotazionsgeſchwindigkeit hat, welche der Schnelligkeit des Luftſtroms entſpricht. Der Verſuch kann viel länger dauern als mit dem Anemometer von Combes, denn Morin's Anemometer kann 100.100.50 = = 500000 Umdrehungen machen, ehe der letzte Zeiger wieder dort anlangt, von wo er ausgegangen iſt, während das Inſtrument von Combes nur 100.50 = 5000 Umdrehungen zu machen im Stande iſt. Endlich kann man mit Morin's Anemometer, wenn man die Flügelräder wechſelt, Luftſtröme von ungemeiner Geſchwindigkeit meſſen. Die Uebelſtände dieſes Inſtruments ſind nun folgende: Morin's Anemometer dient nur für Geſchwindigkeiten von 0m50, während ſich mit dem von Combes auch ſolche von 0m12 und ſogar von 0m08 meſſen laſſen; dies iſt ein ſehr übler Umſtand, denn bei großen Heizapparaten kommen oft Geſchwindigkeiten unter 0m50 vor. Dies iſt z. B. im Gefängniſſe Mazas der Fall. Der Durchſchnitt der Röhre, in welcher das Ausſtrömen der Luft in jeder Zelle gemeſſen wurde, war 0m018; war nun das aus jeder Zelle abgehende Volum Luft 20 Kubikmeter, ſo war die Geſchwindigkeit der Luft in der Röhre 0m31. Mit Morin's Inſtrument hätte ſich folglich die Ventilazion dieſes Gefängniſſes nicht beſtimmen laſſen. Eben ſo wenig hätte man ſich ſeiner im Amphitheater des Konſervatoriums be-

Digitized by Google

dienen können, wenn es darauf angekommen wäre die Vertheilung der Ventilazion an den verſchiedenen Punkten des Saales zu ermitteln. Der Vortheil, daß man erſt dann mit den Beobachtungen beginnt, wenn das Flügelrad bereits die der Schnelligkeit des Luftſtromes entſprechende Rotazionsgeſchwindigkeit beſitzt, ſcheint auf den erſten Blick ein bedeutender zu ſein, denn bei dem Inſtrument von Combes iſt die Anzahl der Umdrehungen des Flügelrades zu klein, wenn man nämlich die Zeit von dem Punkte an berechnet, wo ſich das Rad noch nicht bewegte, und da es ferner immer einer gewiſſen Zeit bedarf, bis es die Geſchwindigkeit erreicht, welche der Geſchwindigkeit des ſeine Bewegung vermittelnden Luftſtromes entſpricht; dieſe Zeit aber iſt ſehr kurz, wie ſich aus der Schnelligkeit, mit der ſich die Flügelräder ſelbſt bei geringen Fortpflanzungsgeſchwindigkeiten in Bewegung ſetzen, deutlich erſehen läßt. Da übrigens die konſtanten Größen der mit dem Combes'ſchen Apparat gewonnenen Formel immer unter den nämlichen Umſtänden beſtimmt wurden, ſo hätte man bei dem Gebrauche dieſer Formeln keinen Irrthum zu befürchten, wenn wirklich ein ſolcher da wäre; es müßte denn die Dauer der Verſuche eine ganz andere ſein als bei jenen, wo die konſtanten Größen beſtimmt wurden. Nach den im Konſervatorium angeſtellten Verſuchen würden die Combes'ſchen Anemometer ungefähr um $^1/_6$ weniger Geſchwindigkeit ergeben als die von Morin; dieſe Verſuche aber wurden unter ſolchen Umſtänden angeſtellt, daß man nichts daraus ſchließen kann, wie wir beweiſen werden.

Anders verhält es ſich mit der längeren Dauer, welche man den Beobachtungen geben kann, denn man erhält dann einen genaueren Durchſchnittswerth, wenn der Luftſtrom große Störungen erleidet. Es muß bei dieſer Gelegenheit bemerkt werden, daß wenn die von dem Luftſtrom durchlaufenen Kanäle einen großen Durchſchnitt haben und wenn die Bewegung nicht durch den Zug in dem Aſchenfall eines Herdes regulirt wird, in der Geſchwindigkeit jedes Luftſtromes im Ganzen ziemlich viel Gleichmäßigkeit herrſcht; oft aber iſt die Geſchwindigkeit an den verſchiedenen Punkten des Durchſchnitts ſehr variabel. Alsdann iſt es beſſer, das Inſtrument nach und nach in gleichen Zwiſchenräumen an verſchiedene Punkte des Durchſchnitts zu bringen, als es die ganze Zeit hindurch an einem Punkte zu laſſen, und den Verſuch nach und nach für jeden Punkt zu wiederholen. Dieſelbe Genauigkeit ließe ſich aber auch mit dem Inſtrumente von Combes erreichen, wenn man die Verſuche hinreichend wiederholen würde. Die Eigenſchaft endlich des Morin'ſchen Inſtrumentes, daß ſich mit gewiſſen Veränderungen an demſelben beträchtlich große Geſchwindigkeiten meſſen laſſen, kann nur in Ausnahmsfällen von Nutzen ſein, denn bei Ventilazionsapparaten ſteigt die Geſchwindigkeit der Luft nie über drei Meter in der Sekunde. Der Grund hievon iſt leicht einzuſehen. Der Verfertiger von Ventilazionsapparaten würde einen großen Fehler begehen, wenn er dem Luftſtrom eine große Geſchwindigkeit gäbe, denn es würde alsdann viel Wärme verloren gehen, wenn die Ventilazion durch eine Eſſe ſtattfände, und auf der andern Seite viel Arbeit, wenn jene durch eine Maſchine bewirkt würde. Bei den Anemometern, die zur Meſſung der Ventilazion dienen ſollen, iſt das wichtigſte eine große Empfindlichkeit, ſo daß ſich geringe Geſchwindigkeiten der Luft an den verſchiedenen Punkten des zu ventilirenden Raumes meſſen laſſen.

Kurz der Apparat des Hrn. Morin iſt unſerer Anſicht nach ausgezeichnet, wenn die Geſchwindigkeit der Luft 0,50 in der Sekunde überſchreitet; aber er macht einen empfindlicheren Anemometer für geringe Geſchwindigkeiten nicht unentbehrlich. Der Anemometer von Combes iſt in ſeiner Handhabung wohl nicht ſo bequem, genügt aber in allen Fällen, die bei großen Ventilazionsapparaten in der Regel vorkommen können, und bei einer mehrern Wiederholung der Verſuche laſſen ſich auch mit ihm genaue Reſultate erzielen.

Es muß indeſſen bemerkt werden, daß alle Bewegungs-Anemometer ihr Uebles haben. Stehen ſie in Oeffnungen, die nicht ſehr groß ſind im Verhältniſſe zu dem von den Flügeln durchlaufenen Raum, ſo verkleinern ſie den Ausſtrömungsdurchſchnitt und verändern die Art der Bewegung; alsdann können ſie nur wirklich Dienſte leiſten, wenn ſie unter den Umſtänden, wo ſie angewendet werden ſollen, graduirt oder nach Morin's Ausdruck tarirt ſind. Dies mußte auch von Seiten der mit der Prüfung der Heizapparate im Gefängniſſe Mazas beauftragten Kommiſſion geſchehen, damit ſich die Ausſtrömungsgeſchwindigkeit der Luft in den Röhren meſſen ließ. Ueberdies ſind der Art Inſtrumente ſehr theuer, namentlich die von Morin, da ſie noch einen Zähler haben. Dieſer Umſtand iſt aber bei Inſtrumenten, deren Anwendung allgemeiner wer-

Digitized by Google

den ſollte, von großer Wichtigkeit. Es wäre ſehr zu wünſchen, daß man ſich mehr mit den Druckanemometern beſchäftigte, namentlich mit denjenigen, die fortwährend in der Eſſe bleiben ſollten, um jeden Augenblick den Zuſtand der Ventilazion angeben zu können. Dieſe Inſtrumente ſind unerläßlich nothwendig; den Heizern würden ſie als Richtſchnur für die Ventilazion, und der Verwaltung als permanente Kontrole dienen; mit einem Worte, ſie wären für die Ventilazion das, was die Thermometer für die Temperatur ſind.

Bemerkungen über die Reſultate der Verſuche. Zuerſt müſſen wir hier die Veränderungen in den Wirkungen der Zugeſſe berühren. Beziehen wir uns auf die Tabelle auf Seite 70, ſo finden wir, daß bei den untern Oeffnungen 1, 2, 3 u. 4 die größten Geſchwindigkeiten in den 8 Verſuchen den Zahlen 23, 25, 23, 25 und die kleinſten den Zahlen 11, 12, 13, 12 proporzional waren; mithin variirten bei dieſen Oeffnungen die Geſchwindigkeiten im Verhältniß von 2 zu 1. Bei der Oeffnung, die am oberen Theil des Saals in die Eſſe mündet, waren die Veränderungen geringer und nur im Verhältniß von 4 zu 3. Die Veränderungen der unteren Oeffnungen können ihren Grund nicht in einem Temperaturwechſel der Luft in der Eſſe haben, denn bei einem Temperaturübergewicht zwiſchen 50° und 200° wächſt der Zug einer Eſſe nur im Verhältniß von 6 und 8. Dieſe Variazionen entſtehen ſehr wahrſcheinlich dadurch, daß die unteren Oeffnungen unterhalb des Roſtes in die Eſſe münden, denn je nachdem der Herd mehr oder weniger Brennmaterial enthält, variirt die Fläche der Entwickelung der Luft durch den Brennſtoff hindurch beſtändig, und ſie läßt ſich ſogar in einem ſehr beträchtlichen Verhältniß verkleinern. Wie dem auch ſei, ſo läßt ſich doch behaupten, daß die nacheinander ſelbſt mit kurzen Intervallen angeſtellten Verſuche nicht miteinander verglichen werden können.

Es läßt ſich mithin aus den am 18. Februar nacheinander mit dem Anemometer von Morin und dem von Combes angeſtellten Verſuchen kein Schluß ziehen, um ſo weniger, als die Verhältniſſe der ausſtrömenden Luftvolume, wie ſie von beiden Inſtrumenten beſtimmt wurden, bei allen 5 Oeffnungen weſentlich differiren, denn dieſe Verhältniſſe werden von den Zahlen 1,03; 1,23; 1,18; 1,28; 1,19 dargeſtellt. Es wurde bereits bemerkt, daß die Verſuche mit dem Combes'ſchen Anemometer wenigſtens von einem Irrthum freizuſprechen ſind, denn obwohl es immer einer gewiſſen Zeit bedarf, bis das Inſtrument eine regelmäßige Geſchwindigkeit erlangt, ſo ſind doch die konſtanten Größen der Formel alle unter denſelben Bedingungen gefunden worden. Was die relative Empfindlichkeit der beiden Inſtrumente betrifft, ſo nützen vergleichende Verſuche nichts. Handelt es ſich um die geringſte Geſchwindigkeit, die von dem Inſtrument gemeſſen werden kann, ſo wird die Empfindlichkeit offenbar von dem konſtanten Ausdruck der Formel gegeben; ſpricht man von der Anzahl der Umdrehungen, welche einer und derſelben Vergrößerung der Schnelligkeit entſpricht, ſo wird die Empfindlichkeit von dem Koefficienten des zweiten Ausdrucks der Formel gegeben.

Hr. Morin hat durch eine Vergleichung der erhaltenen Reſultate zu ermitteln geſucht, ob die Anzahl der Zuhörer einen Einfluß auf die Ventilazion ausübe, und fand, daß dieſer mit der Anzahl der Perſonen zunahm, was bei übrigens gleichen Umſtänden nothwendig der Fall ſein mußte. Aber Hr. Morin glaubt, der Einfluß der Perſonenzahl ſei nicht groß genug, um bei der Einrichtung ſolcher Apparate nothwendig darauf Rückſicht nehmen zu müſſen, außer bei zahlreichen Verſammlungen von Perſonen, deren Lebensprozeſſe durch kräftige Leibesübungen geſteigert ſeien. Man kann dieſe Anſicht nicht theilen. Durch den Akt der Reſpirazion ſelbſt entwickelt jedes Individuum mindeſtens 40 Wärmeeinheiten in der Stunde, welche dazu dienen die Luft zu erwärmen, und dieſe Wärme kann nicht ſpurlos verſchwinden. Hätte man bei den vorſtehenden Verſuchen die Temperatur der Luft bei ihrem Ausgang aus den Oeffnungen des Wärmeofens gemeſſen, ſo hätte man den Einfluß der Perſonenzahl auf die Temperatur der Luft bei ihrem Eintritt in die Zugöffnungen wohl erkennen können. Durch eine ſehr einfache Rechnung läßt ſich überdies leicht beweiſen, daß bei einer Ventilazion von 10 Kubikmeter Luft ſtündlich pro Perſon die von jedem Individuum entwickelten 40 Einheiten Wärme die Ventilazionsluft um ungefähr 12° erheben würden, und zwar unabhängig von der Wärme, die zur Verdampfung des durch die Reſpirazion gebildeten Waſſers dient.

In dem vorſtehenden Aufſatz des Hrn. Morin findet man eine ſehr einfache und genaue Rechnung, um die Nutzleiſtung der Eſſe zu erhalten, die nur $3^{Km.}13$ beträgt. Dieſe Zahl iſt ſehr klein. Es muß aber bemerkt werden, daß die wirkliche Arbeit der Eſſe nicht allein aus der

Digitized by Google

Nutzleiſtung beſteht, ſondern auch aus derjenigen Thätigkeit, welche den Widerſtänden aller Art entſpricht, die die Luft von der äußeren Eintrittsöffnung an bis zur Spitze der Eſſe zu erleiden hat. Dieſe Verluſte laſſen ſich nicht genau berechnen; wäre aber die Höhe der Eſſe und die mittlere Temperatur der durchſtrömenden Luft gegeben, ſo ließe ſich die Geſchwindigkeit der Luft mit Abſtrahirung von den Reibungen berechnen; das Quadrat des Verhältniſſes der beobachteten zur theoretiſchen Geſchwindigkeit würde genau das Verhältniß der wirklichen Arbeit der Eſſe zu ihrer Kraft geben. In Ermanglung dieſer Nachweiſe müſſen wir uns an die Analogie halten. Bei Apparaten der Art beträgt dieſes Verhältniß nahezu 0,25; mithin müßte eine Maſchine, wenn ſie die Eſſe erſetzen ſollte, eine Arbeit von mindeſtens $3^{Km.}13 \times 4$ geben. Die Effektivarbeit dieſer Maſchine wäre aber nur ein gewiſſer Bruchtheil derjenigen Arbeit, welche bei ihrer Bewegung konſumirt würde. Handelte es ſich z. B. um einen Ventilator mit Centrifugalkraft, wo der Nutzeffekt nur 0,33 des konſumirten betrüge, ſo müßte er, um eine Eſſe zu erſetzen, pro Sekunde

$$3{,}14 \times 4 \times 3 = 37^{Km.}68$$

leiſten, was einer halben Pferdekraft entſpricht. Was die Vor- und Nachtheile der Ventilazion durch die Wärme und durch mechaniſche Wirkung betrifft, ſo haben wir ſchon früher davon geſprochen.

Wir kommen jetzt zur Betrachtung der Reſultate obiger Verſuche. Das Maximum der Ventilazion, als alle Zugöffnungen wirkten, war am 18. Februar 12711 Kubikmeter, und das Minimum am 12. März 9556; der Saal konnte 900 Perſonen faſſen. Nehmen wir nun an, dieſe Volume der Luft wären auf eine wirkſame Weiſe zu einer Luftverbeſſerung verwendet worden und die Ventilazion wäre gleichmäßig vertheilt geweſen, ſo hätte das Luftvolum für jede Perſon 14 und 10,5 Kubikmeter betragen. Dieſe Volume ſind weit größer als zur Luftreinigung ſtreng nothwendig iſt. Wir wollen bei dieſer Gelegenheit bemerken, daß in den obigen Tabellen zur Ermittelung der Ventilazion pro Perſon die Totalventilazion durch die Anzahl der gegenwärtigen Perſonen dividirt worden iſt; ſie muß aber mit der Anzahl der Plätze dividirt werden, weil bei einer zweckmäßigen Einrichtung des Apparats die Ventilazion für jeden Platz dieſelbe bleiben muß, mag dieſer nun beſetzt ſein oder nicht. Wie überdies die Ventilazion auch vertheilt ſein mag, das den Saal durchſtrömende Volum Luft kann ſich offenbar nicht auf alle Anweſenden gleichmäßig vertheilen, wie viel deren auch ſein mögen.

Dies genügt aber nicht, um den Werth eines Apparates zu beſtimmen; man muß ſich ſicher ſtellen, daß die durch die Verſuche erwieſene Ventilazion gleichmäßig fortbeſteht. Geſchieht die Ventilazion durch einen Herd, der die Luft bei ihrem Eintritt in die Zugeſſe erhitzt, und zwar mit einer gleichmäßigen Konſumzion von Brennmaterial ſowohl den Sommer wie den Winter hindurch, was leicht zu bewerkſtelligen iſt, ſo erhält man eine Ventilazion, die nur innerhalb ſehr enger Grenzen variirt. Hier aber, wo die Luft durch zwei gußeiſerne Röhren, die in der Eſſe liegen und deren Temperatur veränderlich iſt, ferner durch Heißwaſſerröhren, die wahrſcheinlich von dem Wärmeofen geſpeiſt werden und deren Temperatur nicht konſtant dieſelbe bleibt, und ſchließlich durch einen Herd in der Eſſe erwärmt wird, ſcheint uns die Ventilazion unmöglich anders als durch einen Druckanemometer in der Eſſe regulirt werden zu können; dieſer müßte einen Zeiger haben, der jeden Augenblick den Stand der Ventilazion angäbe, und müßte nach den Verſuchen mit einem Anemometer mit Rotazionsbewegungen graduirt ſein. In Hrn. Morins Aufſatz aber iſt von einem ſolchen Inſtrument nicht die Rede, und es iſt nicht anzunehmen, daß der Heizer irgend ein Mittel zur Regulirung der Ventilazion in der Hand hatte, da dieſe bei den Verſuchen im Verhältniß von 4 zu 3 variirte.

Es iſt nicht genug, daß während einer gewiſſen Zeit ein gewiſſes Volum Luft in und aus einem Raume geht, damit deſſen Luft verbeſſert werde; dieſe Luft muß offenbar auch zu ihrem Zweck tauglich ſein, und zu dem Ende iſt es unerläßlich, daß ſie den ganzen bewohnten Raum durchziehe; überdies muß die Luft an allen Punkten dieſes Raumes auf gleiche Weiſe erneuert werden. Im vorliegenden Fall iſt dieſe Bedingung aber nicht ganz erfüllt, denn die Wirkung einer Zugöffnung wird im dem Maße ſchnell geringer, je weiter der Punkt von derſelben entfernt iſt. Die Einſtrömungsöffnungen der Luft und die Zugöffnungen könnten folglich ſolchergeſtalt angebracht ſein, daß an gewiſſen Punkten die Ventilazion ganz unzureichend wäre, während ſie am anderen im Ueberfluß ſtattfände; obgleich alsdann der Raum von einem ſehr bedeuten-

Digitized by Google

den Volum Luft durchzogen würde, ſo könnte doch ein geringerer oder größerer Theil ganz ungeſund ſein.

Eine letzte ebenfalls ſehr weſentliche Bedingung zur Luftverbeſſerung in einem Raum, der eine große Anzahl einander nahe befindlicher Perſonen enthält, iſt die, daß jede Perſon reine und nicht durch die Reſpirazion bereits verderbte Luft erhält.

Alle dieſe Fragen, nämlich die Regelmäßigkeit und die Kontrole der ganzen Ventilazion, die Gleichmäßigkeit der Ventilazion an den verſchiedenen Punkten des Saals und die Beſchaffenheit der daſelbſt eingeathmeten Luft ſind offenbar eben ſo wichtig wie das Totalvolum der Ventilazion; ſie wurden aber keiner Unterſuchung unterzogen. Es iſt ſehr zu bedauern, daß ſich Hr. Morin damit begnügt hat, die in die Eſſe ziehenden Volume Luft zu meſſen; denn wenn er die Dinge näher betrachtet hätte, ſo wären für die ſo wichtige und ſo komplicirte Frage der Heizung und Ventilirung großer Verſammlungsſäle gewiß werthvolle Dokumente gewonnen worden. Eben ſo muß bedauert werden, daß der Aufſatz keinen nutzbringenden Nachweis für unſere Wiſſenſchaft der Heizung und Ventilazion enthält; man findet weder die Höhe der Zugeſſe, noch die Temperatur ihrer Luftſäule während der Verſuche, und die auf dem Zugherd konſumirten Quantitäten von Brennmaterial, noch die Flächenräume der Einſtrömungsöffnungen der Luft in den Raum, und die Temperatur dieſer Luft angegeben; ſelbſt über die Art und Weiſe, wie die letztere geheizt wurde, iſt nichts geſagt. Man findet in dem Aufſatze nichts als die ganz unentbehrlichſten Nachweiſe zur Berechnung der Reſultate der anemometriſchen Verſuche. Die auf Angabe Hrn. Morins hin angeſtellten Verſuche wurden gewiß mit großer Sorgfalt und mit ausgezeichneten Inſtrumenten ausgeführt, und ich halte ſie für vollkommen genau, aber wie ſo eben bemerkt wurde, es läßt ſich aus ihnen nichts entnehmen als die Thatſachen ſelbſt, die ſie konſtatiren, daß nämlich an dem und dem Tage zu der und der Stunde ſo und ſo viel Kubikmeter Luft in die Zugeſſe einſtrömten, aber weiter nichts. Die Ungewißheit, in welcher uns der Aufſatz über die Regelmäßigkeit der Totalventilazion, über ihre gleichmäßige Vertheilung in den ganzen Saal und über die Beſchaffenheit der an den verſchiedenen Punkten deſſelben eingeathmeten Luft läßt, macht es leicht begreiflich, daß die Meinung Hrn. Morins über die Wirkſamkeit des Apparats nicht von Jedermann getheilt werden kann. Ein Artikel der Revue de l'instruction publique vom 13. Mai v. J., der ſich auf die vorliegende Frage bezieht, ſchließt mit den Worten: „wir wollen hinzufügen, daß wir ſelbſt bei einigen in dieſem Saale gehaltenen Vorleſungen eine drückende Schwere der Atmoſphäre bemerkten; an dieſem Tage wurde mit dem Apparat nicht experimentirt".

VI. Heizung und Ventilazion des Sitzungsſaales des Inſtituts.

Eine ſehr gedrängte Beſchreibung des Ventilazionsapparates dieſes Saals wurde von dem Civilingenieur Hrn. Cheronnet in der Sitzung des Inſtituts vom 6. Mai 1852 vorgeleſen. In der Revue de l'instruction publique wurde dieſer Aufſatz veröffentlicht. Wir wollen ihn hier wörtlich anführen:

„Der Sitzungsſaal des Inſtituts wird nach dem Verfahren von Duvoir-Leblanc geheizt und ventilirt. Vier Oefen mit heißem Waſſer, durch welche der ſich erhitzende Luftſtrom ſtreicht, vermitteln die Heizung. Dieſe Oefen ſtehen in den vier Ecken des Saals und können entweder zuſammen oder für ſich allein arbeiten, je nach der Temperatur der äußeren Luft; jeder derſelben iſt nämlich durch einen beſondern Kommunikazionshahn mit dem Generator verbunden."

„Die Ventilazion geſchieht durch zwei große Leitungsröhren, von denen die eine mit einer Reihe von Gittern vor den Füßen der Anweſenden, die andere mit einer großen Anzahl von Löchern in den an den langen Wänden des Saals hinlaufenden Stufen kommunicirt. Die erſte dieſer beiden Röhren geht bis in das Erdgeſchoß herab, um alsdann wieder aufwärts in eine Eſſe zu ſteigen, in welcher ein Heißwaſſerreſervoir von 12 Meter Höhe den Zug vermittelt. Die andere Röhre geht nur bis zum Entreſol und ſteigt dann in derſelben Eſſe aufwärts. Eine dritte Röhre für die Ventilazion im Sommer geht vom oberen Theil des Saals zur nämlichen Eſſe."

„Am 5. April wurde ein Verſuch angeſtellt, um die Quantität der aus dem Saal entfernten Luft zu ermitteln; zwei Anemometer ſtanden zu dem Zwecke eine Stunde lang in beiden Leitungsröhren. Die Reſultate waren folgende: Erſte Oeffnung (Erdgeſchoß), Durchſchnitt 0m970, Geſchwindigkeit der Luft

Digitized by Google

pro Sekunde 0m938, in einer Stunde entleertes Volum 3275m496; zweite Oeffnung, Durchſchnitt 0m3842, Geſchwindigkeit 1m284, in einer Stunde entleertes Volum 1795m916. Totalentleerung in einer Stunde 5071m412. Es wurden mithin während dieſes Verſuchs 5071 Kubikmeter Luft aus dem Saal entleert; dieſer enthielt 180 Perſonen, folglich kommen 28m20 ſtündlich auf eine Perſon. Das Wetter war ſehr ſchön und die Temperatur zwiſchen 12° und 13°."

„Am 19. April wurde unter denſelben Verhältniſſen ein zweiter Verſuch angeſtellt; für die erſte Röhre ergaben ſich 4022m784, für die zweite 1908m372; Summe 5931. Der Saal enthielt 200 Perſonen; es kamen alſo ſtündlich 29m65 auf die Perſon. Das Wetter war dabei trübe; während des Verſuchs fiel ſogar Schnee; die äußere Temperatur betrug ungefähr 7°5."

Bemerkungen. Da ſich die obige Notiz nur auf die Totalventilazion bezieht, ſo müßten wir hier daſſelbe bemerken wie bei dem im vorigen §. gegebenen Apparat, was wir indeſſen nicht wiederholen wollen.

VII. Heizung und Ventilazion des Spitals du Nord.

Die Bauten für die Heizung und Ventilirung dieſer großartigen Anſtalt ſind im vorigen Jahre begonnen worden. Es war ein Konkurs ausgeſchrieben, die Entſcheidung war einer aus den kompetenteſten Männern beſtehenden Kommiſſion anvertraut, und dieſe Entſcheidung wurde durch die öffentliche Sanitätsbehörde ſo wie durch den Gemeinderath approbirt. Da das Projekt, welches den Vorzug erhielt, vieles intereſſante Neue enthält, ſo hielt ich es für zweckmäßig, die hauptſächlichen Dokumente dieſer wichtigen Angelegenheit hier aufzunehmen.

Das Spital beſteht aus einem viereckigen Hofraum von ungefähr 115m Länge bei 40m Breite und iſt von Portiken umgeben. Perpendikulär zu den Langſeiten, gleich weit voneinander und von den Enden entfernt befinden ſich ſechs alleinſtehende Pavillons, die ohne das Erdgeſchoß zwei Stockwerke hoch ſind. In jedem Stockwerk aller dieſer Gebäude liegt ein großer Saal mit 32 Betten und ein kleinerer, der nur zwei Betten enthält. Mithin ſtehen in jedem Pavillon 102 Betten, und im Ganzen ſind deren 612. In der Richtung der kleinen Seiten des inneren Hofs liegen Gebäude, die ſich bis zur Entfernung der Enden der Pavillons verlängern. Endlich hinter einer der kleinen Seiten des inneren Hofs und in einer Linie mit den langen Seiten liegen noch andere Baulichkeiten. Alles iſt mit einer Umfangsmauer umgeben.

Die zur Prüfung der Entwürfe ernannte Jury beſtand aus den bedeutendſten Sachkennern Frankreichs: Regnault, Pelouze, Hachette, Blondel u. ſ. w. Es waren vier Projekte von Duvoir-Leblanc, René-Duvoir, Grouvelle und Thomas eingelaufen, doch hatten ſich die beiden letztern zu einem gemeinſchaftlichen Plane vereinigt, und da der Apparat des Herrn René-Duvoir für weniger zweckmäßig erachtet wurde als die übrigen, ſo ſoll nur von dieſen hier die Rede ſein.

Die Details des Duvoir-Leblanc'ſchen Entwurfes ſind mir nicht bekannt geworden; nach den mir mitgetheilten Nachrichten war die allgemeine Anordnung folgende: In dem Keller eines jeden Pavillons befand ſich ein Warmwaſſerofen, deſſen Waſſer eine gewiſſe Anzahl von Oefen in den Sälen des Erdgeſchoſſes ſo wie der erſten und zweiten Etage ſpeiſte; die im Niveau des Bodens aufgenommene Luft erwärmte ſich, während ſie um die Kommunikazionsröhren des warmen Waſſers und durch die Oefen ſtrömte, mündete in die Säle aus und entwich dann durch ſenkrechte Röhren, die ſie zum Dachboden führten, wo ſie in horizontalen Kanälen nach einer 5m0 hohen Zugeſſe geleitet wurde

Der Entwurf von Thomas und Grouvelle beruht auf den beiden ſich bewährten Principien: 1) die Transmiſſion der Wärme durch Dampf kann ſelbſt auf ſehr große Entfernungen mit geringem Wärmeverluſt bewirkt werden; eine Folge der großen Geſchwindigkeit, die der Dampf bei einem geringen Ueberſchuß an Druck annimmt, was den Vortheil hat, daß man den Leitungsröhren nur kleine Querſchnitte zu geben braucht und ſie in zweckmäßig eingerichteten Kanälen mit ſchlechten Wärmeleitern umhüllt werden können; 2) bei einer Dampfmaſchine mit Expanſion ohne Kondenſazion enthält der abgeſpannte Dampf beinahe eben ſo viel Wärme als in dem Augenblick, wo er in den Cylinder tritt, was daher rührt, daß die latente Wärme des Dampfes beinahe gar nicht von ſeinem Drucke abhängig iſt.

Die allgemeine Anordnung des Apparats iſt folgende. Ein Dampfkeſſel ſteht in einem Keller, der unter einem der Dienſthöfe liegt und zum Dampfkeſſel für

Digitized by Google

die Bäder beſtimmt war; eine hohe auf der Seite ſtehende Eſſe aus Backſteinen bewirkt den Zug des Feuerraumes. Der unter einem Druck von 4 bis 5 Atmoſphären erzeugte in einer Maſchine der Art abgeſpannte Dampf, daß er noch einen Druck von $1^1/_2$ Atmoſphären behält, wird jedem Pavillon gegenüber durch ein gußeiſernes in der Mitte eines Kanals der Galerien in den Souterrains, die um den innern Hof des Hoſpitals herumlaufen, liegendes Rohr geleitet, das mit ſchlechten Wärmeleitern umgeben iſt, welche die verloren gehende Wärme auf ein ſehr Geringes reduciren. In ſeinem Laufe geht das Rohr zur Seite der Bäder und liefert ihnen durch ein kurzes Zweigrohr den nöthigen Dampf; ein kleines von der Hauptleitung gegenüber von jedem Pavillon ſich abzweigendes Rohr führt den erforderlichen Dampf zur Heizung dahin; die Korridore und die Gemächer der Schweſtern werden durch Heizöffnungen erwärmt, die die heiße Luft durch die ſteigenden Dampfſäulen und den Retour d'eau erhalten; das Treppenhaus, der Wärmeſaal (Raum zum Spazierengehen, der im Winter geheizt wird) und die Krankenſäle haben Oefen, deren Waſſer durch Dampf erwärmt wird. Die Dampfleitungsröhren in den Sälen ſind in einem unter dem Parquet liegenden und mit einer gußeiſernen Platte bedeckten Kanal angebracht. Das Waſſer für die Bäder wird in einem auf dem Dachboden ſtehenden blechernen Reſervoir mit Hilfe von Serpentinen erwärmt, in denen der Dampf eirkulirt.

Die Dampfmaſchine, in welcher ſich der in der Folge zur Heizung verwendete Dampf abſpannt, ſetzt einen Ventilator in Bewegung, welcher die auf der Spitze des Kapellenthürmchens geſammelte Luft an ſich zieht und ſie in die Blechröhren treibt, von denen ſie in jeden Pavillon und jeden Wärmeſaal geleitet wird. In der Dicke der Stirnmauer jedes Pavillons liegt eine Eſſe, welche dieſe Luft aufnimmt und ſie in die verſchiedenen Stockwerke vertheilt. Unter dem Fußboden jedes Saals und dicht an der Rinne, in welcher die Dampf- und Waſſerröhren liegen, läuft eine von der Eſſe ausgehende gemauerte Galerie, in welcher die einſtrömende Luft eirkulirt; durch eine gewiſſe Anzahl von Oeffnungen in der Wand dieſer Galerie kommt ſie mit den Dampfröhren in Berührung und erreicht hierdurch eine Temperatur von 20°—30°; durch Oeffnungen in der gußeiſernen Platte, welche die Rinne deckt, gelangt ſie alsdann in den Saal. Dieſe Oeffnungen haben einen ſolchen Durchſchnitt, daß die Luft nur mit einer geringen Geſchwindigkeit ausſtrömt.

Durch neun auf den Dachboden mündende Eſſen, die an den Seitenmauern der Säle angebracht ſind, wird die verdorbene Luft entleert. Jede ſolche Eſſe hat zu dieſem Zweck zwei Einlaßöffnungen, die mit Regiſtern verſehen ſind, und von denen die eine in gleicher Höhe mit dem Fußboden für den Winter, die andere in einer Höhe von 2m50 nur für den Sommer beſtimmt iſt. Die Entleerungseſſen münden auf den Dachböden und die in ihnen enthaltene verdorbene Luft entweicht durch vier Kanäle und eine mittlere Eſſe von Eiſenblech, welche die Mitte des Bodens einnimmt. Bei dieſer Einrichtung laſſen ſich die Böden nicht benutzen; damit dieſes möglich wäre, müßte die Luft aus den parziellen Eſſen in die Centraleſſe durch Kanäle geleitet werden.

Der hygrometriſche Zuſtand der Luft in dem Saal wird durch eine Dampfinjekzion in die Leitungsröhren auf $^1/_2$ erhalten. Die eingeführte Luftmenge kann pro Bett und Stunde zwiſchen 20 und 40 Kubikmeter variiren. Die Luft tritt mit einem Drucküberſchuß von 0m04 über den Druck des Waſſers aus dem Ventilator. Keſſel, Dampfmaſchine und Ventilator ſind doppelt vorhanden. Der aus dem Keſſel oder der Maſchine wo er ſich abgeſpannt hat, ausſtrömende Dampf läßt ſich zu allem verwenden: zur Heitzung, Ventilazion, zu Bädern, für das Waſchhaus und zum Aufziehen des Waſſers.

Die auf den Bericht Regnault's hin mit der Prüfung der Projekte beauftragte Kommiſſion ertheilte dem Projekte der Herren Thomas, Laurens und Grouvelle ihre Zuſtimmung und wies dem des Herrn Duvoir-Leblanc den zweiten Rang an. Regnault's Bericht hat keine Veröffentlichung erfahren, aber durch eine Vergleichung beider Projekte laſſen ſich die Hauptmotive der Schlußfolgerungen leicht erkennen. Um Widerholungen zu vermeiden, wollen wir mit A das approbirte und das andere mit B bezeichnen.

1. A. Nur ein Herd für den ganzen Dienſt; er ſteht außerhalb des Gebäudes in einem Hofe. Der Rauch entweicht durch einen ſehr hohen Rauchfang.

B. Zehn in dem ganzen Gebäude vertheilte Herde, deren Rauch durch Eſſen entweicht, die wenig höher als das Dach ſind.

Digitized by Google

2. A. Nur ein Dampfkeſſel mit Hochdruck und ein zweiter zum Wechſel; beide außerhalb des Gebäudes; bei einer Beſchädigung oder Reparatur keine Unterbrechung des Dienſtes.

B. Sechs Heißwaſſerkeſſel mit Hochdruck, ohne Doubletten, in den Kellern der Pavillons aufgeſtellt; bei einer Beſchädigung oder Reparatur Unterbrechung in der Heizung und Ventilirung des Pavillons.

3. A. Die in einer beträchtlichen Höhe geſammelte Ventilazionsluft kann in keiner Jahreszeit verdorben ſein.

B. Die in gleicher Höhe mit dem Boden aufgenommene Luft kann begreiflicher Weiſe nicht ſo rein ſein wie die auf der Spitze des Kapellenthurmes.

4. A. Die Ventilazion läßt ſich leicht und zwar um ein Bedeutendes durch eine vermehrte Dampferzeugung ſteigern.

B. Die Ventilazion läßt ſich nur in ſehr geringem Maße mit der Temperaturerhöhung der Luft in der Eſſe ſteigern.

5. A. Die mechaniſche Arbeit zur Erzeugung der Ventilazion koſtet im Winter nichts, da der Dampf zur Heizung verwendet wird; auch im übrigen Theil des Jahres iſt dies der Fall, wenn die Dampfkraft den Dienſt in den Bädern und in dem Waſchhaus, ſo wie das Aufziehen des Waſſers verſieht.

B. Die Ventilazion durch eine Eſſe koſtet die zur Erhitzung der Luft in derſelben erforderliche Wärme, und kommt um ſo höher, je kürzer die Eſſe iſt; in allen Fällen leiſtet die konſumirte Wärme viel weniger als der dieſelbe Quantität Wärme einſchließende Dampf.

Nach einem Miniſterialbeſchluß wird die eine Hälfte des Spitals nach dem Syſtem der Herren Thomas, Laurens und Grouvelle und die andere Hälfte nach dem des Herrn Duvoir-Leblanc geheizt und ventilirt.

VIII. Ventilazion des Dépotoir von La Villette.

Seit Jahrhunderten exiſtirte an dem weſtlichen Abhang des Hügels Chaumont ein Platz, wohin aller Unrath geſchafft wurde, der durch ſein Verweilen in der inneren Stadt Paris geſundheitswidrig wirken konnte. In neuerer Zeit wurden ſtatt der Gruben verſchloſſene Ciſternen eingeführt, wodurch dieſer unter dem Namen der Schindanger von Montfaucon bekannte Platz bedeutend gewann, ſo daß mehrere Hektaren Terrain in große mit dem Abfluß der Kloaken gefüllte Baſſins verwandelt wurden. Dieſe Baſſins und die zur Austrocknung der flüſſigen Fäkalmaſſen behufs der Düngererzeugung verwendete Umgegend erfüllten die Atmoſphäre mit giftigen Gaſen, welche vom Winde ziemlich weit verbreitet wurden und dergeſtalt gewiſſe Stadttheile von Paris ſehr ungeſund machten. Dieſer in Folge der Ausdehnung dieſes Schindangers unerträglich gewordene Umſtand rief zahlreiche Beſchwerden hervor, und ſeit einer Reihe von Jahren wurde die Unterdrückung einer ſo unangenehmen und nachtheiligen Anſtalt auf das lebhafteſte verlangt. Zu dieſem Zweck beſtimmte im Jahre 1823 Ludwig XVIII ein weites Feld an dem Kanal von Ourcq zum Erſatz für Montfaucon; die Maſſen ſollten in einem Hafen bei La petite Villette auf den Kanal dahin verladen werden. Im Jahre 1826 war ein ſolcher Gedanke möglich; da ſich aber in Folge der von Polizei wegen mit aller Strenge überwachten Erbauung geſchloſſener Gruben das Volum der Fäkalmaſſen dergeſtalt vermehrte, daß es in 20 Jahren mehr als das Vierfache betrug (im Jahre 1848 betrug es 210000 Kubikmeter), ſo kam man nach und nach von dem Transport durch Schiffe und Eiſenbahnen ab. In dieſer Zeit der Verlegenheit machte Mary, Stadtbaumeiſter und Ingenieur en Chef des Straßen- und Waſſerbaues, den Vorſchlag bei la Villette ein geſchloſſenes Etabliſſement anzulegen, wo die auf Wägen und in Tonnen von 2 Kubikmeter Rauminhalt transportirten Fäkalmaſſen in große Gruben geliefert werden ſollten; von hier ſollten ſie alsdann durch Pumpen in einer unterirdiſchen Röhre nach Bondy geſchafft werden. Dieſe Anſtalt trat zwiſchen 1845 und 48 wirklich ins Leben und iſt ſeit Frühling 1848 fortwährend thätig; ſie führt den Namen Dépotoir. Zwei Röhren von 0^m27 Durchmeſſer aus Eiſenblech und innen wie außen mit Aſphalt überkleidet ſtellt die Kommunikazion zwiſchen dem Dépotoir und den Baſſins des Schindangers von Bondy her. Zwei von einer Dampfmaſchine getriebenen Pumpwerke, die einander ablöſen, können die in die Gruben des Dépotoir geſchütteten flüſſigen Maſſen in einiger Stunden bis nach Bondy, eine Entfernung von 10 Kilometer, liefern. Hier wird aus dieſen Stoffen Dünger und Salmiak bereitet.

Die Baulichkeiten des Dépotoir beſtehen aus neun aneinander anſtoßenden gedeckten Schuppen, deren jeder drei Wagen aufnehmen kann; unter jeder derſelben liegen drei gleich große Gruben mit einer weiten Oeff-

Digitized by Google

nung. Die drei Gruben einer und derſelben Reihe kommuniciren untereinander durch weite Oeffnungen in ihrem unteren Theile und liegen abwechſelnd rechts und links. Die Wägen kommen zwiſchen Mitternacht und 8 Uhr Morgens in La Villette an, halten unter den Schuppen, und die Tonnen werden durch einen trichterförmigen Sack in die Gruben entleert. Die Stoffe verbreiten ſich bei der eben beſchriebenen Einrichtung durch alle Gruben, und die feſten Theile ſchlagen ſich zu Boden. Die Saugröhren der Pumpen kommuniciren mit den drei letzten Gruben, welche dem letzten Schuppen entſprechen. Sind die Gruben durch die Maſchine ausgeleert, ſo müſſen ſie von dem bis zu einer Dicke von ungefähr 0m·10 aufgehäuften Niederſchlag gereinigt werden. Es wird deshalb ein Strom Waſſers auf denſelben geleitet, wodurch die Maſſen aufgerührt und zum Theil wieder durch die Pumpe entfernt werden können. Die letzte Schichte wird mit Krücken herausgezogen, in Fäſſer geſchafft und mit dem Haſpel aufgezogen. Dieſe Arbeit iſt ſowohl beſchwerlich als auch ſehr gefährlich. Ungeachtet des heilſamen Einfluſſes des friſchen Waſſers, welches die Entwicklung der Gaſe aus den Gährungsprodukten hindert, bleibt doch die Operazion für die Arbeiter eine ſehr gefahrbringende, wenn ſie auch mit aller Vorſicht zu Werke gehen und die Fallthüren ſtets offen halten. Mehrmals fand bereits eine Gasentwicklung ſtatt, in Folge deren mancher Arbeiten aſphyktiſch zu Grunde ging. Zum Glück waren dieſe Unfälle nicht häufig, aber der Geruch war namentlich in Folge des geringen atmoſphäriſchen Druckes ſehr oft ganz unerträglich. Das Waſſer allein reichte nicht hin, ſondern es bedurfte zum Verweilen in den Gruben eines kräftigen Stromes friſcher Luft. Mary ſah die Nothwendigkeit einer Ventilazion voraus, und es wurde ein von Dampfkraft getriebener Ventilator aufgeſtellt, um die Luft aus der letzten Grube zu entleeren. Hier war die Lufterneuerung ſehr energiſch, in den übrigen Gruben fand dieſe Bewegung nicht ſtatt. Bald nach Aufſtellung dieſes Apparates verließ Mary ſeinen Dienſt, und er fand keine Zeit mehr die Wirkung der Maſchine auch auf die anderen Gruben auszudehnen.

Mille, Straßen- und Waſſerbaumeiſter und Ingenieur des Dépotoir, ſtieß auf denſelben eben genannten Uebelſtand; das folgende iſt ein Auszug aus ſeinem Bericht:

„Grouvelle, durch ſeine Forſchungen in dem Gefängniß Mazas auf den rechten Weg geführt, fand für den Uebelſtand bald die paſſende Abhilfe. Die einzige Ventilazion an einem Ende der Gruben mußte durch eine ſpecielle jeder einzelnen Grube erſetzt werden. Hätte ein neuer Bau aufgeführt werden dürfen, ſo wäre ein Centralherd, der die Röhren von allen Gruben aufgenommen hätte, für eine regelmäßige und kräftige Ventilazion ſo wie auch in Bezug auf Erſparniß an Baumaterial das günſtigſte Syſtem geweſen. Da aber eine Maſchine und ein Ventilator bereits beſtanden, ſo mußte darauf Rückſicht genommen und nur das, was ſich auf dieſe anwenden ließ, von der theoretiſchen Löſung der Frage entnommen werden. Man entſchloß ſich alſo in den Gewölbwinkeln drei Leitungsröhren von 0m·39 anzulegen, von welchen die ſekundären Röhren von 0m·31 ſich abzweigen; dieſe letzteren endigen in jeder Grube oder Zelle mit einer Oeffnung von 0m·062; die Luft ſtrömt durch die offenen Fallthüren von oben in die Zelle, durchdringt dieſe nach allen Richtungen und entweicht durch die beiden Oeffnungen, welche ſich an jeder Wölbung finden. Die großen Leitungsröhren münden in den Raum, wo der Ventilator ſteht; von hier werden die Gaſe in eine beſondere Eſſe getrieben, welche an die Eſſe der Dampfmaſchine angebaut iſt. Mittelſt Schiebern an den Röhren und Oeffnungen läßt ſich die Arbeit des Ventilators reguliren und vertheilen, ſo daß nöthigenfalls während des Dienſtes die ganze Kraft desſelben für einen Raum verwendet werden kann. Die Einrichtungen haben ſich vollkommen bewährt, und obgleich dieſe Ciſternen den Unrath aus allen Spitälern, Kaſernen und armen Häuſern von ganz Paris aufnehmen, ſo iſt von einer Gefahr bei der Beſorgung dieſes Geſchäftes keine Rede mehr. In dem Augenblick, wenn die Arbeiter hinabſteigen, iſt die Luft rein und friſch wie im Freien; von Schwefelwaſſerſtoffgas oder Ammoniak findet ſich keine Spur mehr. Gold oder Silber, welches man bei ſich trägt, wird nicht im geringſten verändert, in den Augen empfindet man durchaus kein Prickeln, und die Temperatur der Ciſternen differirt nicht von der äußern Luft. Die Ventilazion iſt ſo vollkommen, daß wir nicht einen Augenblick gezögert haben, die Ciſternen mit Gas zu erleuchten. Im Mittelpunkt jedes Profils befindet ſich ein Argand'ſcher Brenner; die Verbrennungsprodukte werden von einem Rauchverzehrer nach der Ventilazionsöffnung hin ent-

Digitized by Google

fernt; die Flamme brennt lebhaft und mit weißem Licht; das Gas hat die Kerzen erſetzt, die zu den früheren Miasmen noch ein weiteres hinzugefügt hatten. Jede Zelle hat eine Waſſeröffnung, einen Gasbrenner und zwei Luftöffnungen. Durch dieſes Syſtem iſt das Dépotoir von allen Etabliſſements zu Villette das am wenigſten ungeſunde. Alle die von den Bewohnern der Nachbarſchaft erhobenen Klagen haben aufgehört; der Geſundheitszuſtand der Arbeiter iſt ausgezeichnet gut."

Einige Verſuche zeigten die Kraft der Ventilazion. Stellte man vor und hinter den Ventilator einen Anemometer in den Luftſtrom, ſo fand man: nach vorwärts bei einem Durchſchnitt von 0^m30 eine Geſchwindigkeit von 8^m12; am Ausgange bei einem Durchſchnitte von 0^m17 eine ſolche von 12^m39. Dieſen Zahlen entſpricht der Abgang von 2^m44 und 2^m45 in der Sekunde. Nach der letzten Zahl beträgt das von dem Ventilator in der Stunde extrahirte Volum Luft 8100 Meter.

Um die Vertheilung zu bewerkſtelligen und die Oeffnungen der Schieber zu reguliren, hat man zuerſt alles geöffnet und das ganze Luftquantum gemeſſen, welches jede Oeffnung von 0^m062 paſſirt. Die Geſchwindigkeiten in den Ciſternen Nr. 1, Nr. 5 und Nr. 9 waren 1^m07, 1^m60, 5^m21. Die Thätigkeit des Ventilators wuchs alſo raſch in dem Maße als die Entfernung von den Ventilazionsöffnungen abnahm. Die entfernteſte Ciſterne aber verarbeitete bei der Geſchwindigkeit von 1^m07 und bei einem Totalflächenraume ihrer beiden Oeffnungen von 0^m125 dennoch ein Volum von 0^m133 pro Sekunde oder 480 Meter pro Stunde. Da nun die Ciſterne ungefähr 80 Meter Rauminhalt hat, ſo findet ſechsmal in der Stunde eine vollſtändige Lufterneuerung ſtatt. Die letzte Ciſterne verarbeitete 1^m065 pro Sekunde oder nahezu 2330 Meter pro Stunde, alſo ungefähr 30 mal ihr Volum. Um den übermäßigen Zug in der dem Ventilator am nächſten liegenden Ciſterne zu mildern, wurden hier die Oeffnungen auf 0^m05 reducirt und die Oeffnungen der aufeinander folgenden Schieber graduirt, indem man bei den letzten Nummern ſehr wenig, bei den erſten aber ſehr viel zunahm. Die Ciſterne Nr. 1, die am weiteſten entfernte, behielt allein 0^m12 als Totalflächenraum ihrer Oeffnungen. Hierdurch erhielt man an dieſem Punkte eine doppelte Geſchwindigkeit an den Zugöffnungen, und das Volum ſtieg pro Stunde auf nahezu 960 Meter. Es herrſchte ſomit in allen Ciſternen ein ziemlich gleichmäßiger Zug. Die Verſuche werden nicht weiter ausgedehnt, weil man ſich mit der Gewißheit begnügte, daß ſich der Zug an allen Punkten nach Willkühr beherrſchen läßt; es war dies der Zweck der ganzen Arbeit, und dieſer ſchien erreicht worden zu ſein. Dieſe Reſultate der Ventilazion unter den ungünſtigſten Verhältniſſen beweiſen, wenn ich nicht irre, daß die Frage der Desinficirung der Luft weit mehr die Mechanik als die Chemie angeht. Die natürlichen Agenzien, Luft und Waſſer, bilden ſicher die wirkſamſten Hilfsmittel, wenn es ſich um einen der Geſundheit zuträglichen Zuſtand einer Stadt oder Wohnung handelt. Es ſoll damit nicht geſagt ſein, als habe die Chemie hier nichts zu thun; ihre Rolle beginnt, wenn Dünger für den Ackerbau oder Ammoniakprodukte für die Induſtrie zu liefern ſind; auf dem Standpunkte der adminiſtrativen Polizei aber ſind nur die beiden einfachſten Agenzien der Natur erforderlich; mit Waſſer und Luft wird aller Infekzion vorgebeugt, indem ſie entweder verhindert wird ſich zu bilden oder ſich auszubreiten. —

IX. Heizung und Ventilazion der Glaswerkſtätten von Baccarat.

Die Herren Thomas und Laurens, welche dieſe Apparate errichtet haben, geben hierüber folgenden Bericht:

Die Geſellſchaft der Kryſtallfabrikazion von Baccarat beauftragte Hrn. Peclet in ihren großartigen Werkſtätten ſein Syſtem der Ventilazion einzurichten. Die für das Schneiden der Kryſtalle beſtimmten Werkſtätten beſtehen aus einem Gebäude von 150 Meter Länge, welches ſich an einem ſeiner Enden in einem rechtwinkelig anſtoßenden Flügel fortſetzt, der eben ſo hoch und breit iſt und eine Länge von 45 Meter hat. Die Sache mußte alſo ſo aufgefaßt werden, als handle es ſich um ein einziges Gebäude von ungefähr 200 Meter Länge. Das unterſte und das darüber liegende Stockwerk werden von zwei Reihen von Drehbänken zum Schneiden des Kryſtalls eingenommen, welche durch zwei Turbinen von 66 Pferdekraft getrieben werden; 544 Arbeiter ſind fortwährend in dieſen Räumen beſchäftigt. Da das Schneiden im Waſſer geſchieht, ſo iſt das Kryſtall wie alles umher beſtändig naß, und die Arbeiter haben ſtets naſſe Arme. Hieraus folgt, daß die Atmoſphäre der Werkſtätten beſtändig mit

Digitized by Google

Waſſerdampf geſättigt iſt, welcher Umſtand eine ſehr lebhafte Ventilazion erfordert, um die Arbeiter vor dem ſo ſchädlichen Einfluß einer bedeutenden Feuchtigkeit ſicher zu ſtellen; der nämliche Umſtand bedingt auch für die Heizung einen viel größeren Bedarf an Brennmaterial. Die Ventilazion und Heizung wurden zu gleicher Zeit eingerichtet und miteinander in Verbindung gebracht. Die Heizung geſchieht durch Dampf mit Hochdruck, vier Atmoſphären und nöthigenfalls fünf bei ſehr großer Kälte, und die Ventilazion durch zwei Ventilatoren mit Centrifugalkraft. Ein Ventilator, der durch die Turbine Nr. 1 getrieben wird, ſteht auf dem Dachboden und bringt die über dem Dache geſchöpfte reine Luft in die Werkſtätten; eine allgemeine Windleitung aus gut gefugten Tannenbrettern befindet ſich auf dem Boden unter dem Dache, und ebenfalls hölzerne Röhren gehen von Strecke zu Strecke nach den verſchiedenen Sälen ab, um dieſe mit friſcher Luft zu verſehen. Im Winter wird dieſe Luft vorher wenigſtens auf 30° erwärmt, und zwar dadurch, daß ſie einen Raum paſſirt, der ein Bündel von fünfzehn Dampfröhren von 0^m135 Durchmeſſer und 2 Meter Länge enthält. Die Oeffnungen für das Eindringen der friſchen Luft liegen in der Achſe der Säle, ungefähr 10 Meter voneinander entfernt und in einer Höhe von 1 Meter über dem Fußboden. Da die Säle nur 8^m30 breit ſind, ſo wird die Luft hinreichend vertheilt; übrigens ließe ſich ohne bedeutende Koſten die Anzahl dieſer Oeffnungen nicht vermehren. Die verdorbene Luft entweicht aus den Sälen ohne irgend eine Zugeſſe oder irgend einen andern ſpeciellen Apparat, der ſie nach außen zöge, ſondern ganz einfach durch die Fenſterfugen, die man zu dieſem Zwecke anbrachte. Man ſpürt keine unangenehme Zugluft. Der zweite Ventilator hängt mit der Turbine Nr. 2 zuſammen und verſieht in einer der ſo eben beſchriebenen ähnlichen Weiſe die andere Hälfte der Werkſtätten. Die Ventilatoren haben 1^m20 Durchmeſſer und 0^m28 Breite; ſie machen 300 Umdrehungen in der Minute; der Druck des Windes in den Vertheilern, welche in die Zugröhren münden, beträgt nur 3 bis 4 Millimeter. Das Volum eingeführter Luft iſt ungefähr 12 Kubikmeter pro Arbeiter ſtündlich; dieſes Volum, welches in Folge der Einblaſung durchaus nutzbringend wirkt, bewirkt eine hinreichende Ventilazion. Ein ſolches Reſultat wäre ſicher nicht durch die gewöhnliche Ventilazion mit einer Zugeſſe erreicht worden.

Die Heizung geſchieht, wie ſchon bemerkt, durch Dampf mit Hochdruck, unſerer Meinung nach die ökonomiſchſte und bequemſte Methode, wenigſtens für Werkſtätten. Sie hat vor der Warmwaſſerheizung den ſo wichtigen Umſtand der Oekonomie voraus; je nach der Temperatur und nach andern Umſtänden läßt ſich die Wärmeentwicklung mit Leichtigkeit variiren und beinahe augenblicklich abſchneiden, und zwar unabhängig voneinander in den einzelnen Sälen. Auch iſt bei dieſer Methode für ein ſo weitläufiges Gebäude nur ein Herd erforderlich, während es bei der Warmwaſſerheizung deren drei oder vier bedurft hätte. Einfache gußeiſerne Dampfröhren vertheilen die Wärme in den Sälen; ſie cirkuliren unter den Stühlen der Arbeiter, wobei ſie die unter den erſtern beſonders angehäufte Feuchtigkeit entfernen und den Arbeitern ſtets warme Füße verſchaffen. Die Erfahrung hat gezeigt, daß bei der angegebenen Ventilirung zu Zeiten und in Stunden, wo jede Heizung bei dem Wärmegrad der äußeren Luft unnütz erſcheinen könnte, unerläßlich Wärme in die Werkſtätten geleitet oder die Temperatur der eingeblaſenen Luft erhöht werden muß. Dieſe Thatſache erklärt ſich leicht aus der Wirkſamkeit der Ventilazion und der Feuchtigkeit der Werkſtätten. Würde die friſche Luft nicht mit einer Temperatur von wenigſtens 22° bis 25° in die Säle gelangen, ſo würde ſie eine ſehr unangenehme Empfindung verurſachen, oder die Säle würden vielmehr raſch kalt werden. Es muß deshalb den größten Theil des Jahres hindurch, wenn auch nicht den ganzen Tag über, doch wenigſtens Morgens die Ventilazionsluft erwärmt werden. —

Wir ſchließen hiermit dieſe Darſtellung der Peclet'ſchen Verſuche, welche gewiß von großer Wichtigkeit ſind, weil ſie alle nützliche Reſultate enthalten und einige derſelben bis ins kleinſte Detail uns die Phänomene kennen lehren, die bei der Heizung großer Gebäude vorkommen. Wir werden ſpäter die gebräuchlichen Formeln in Betreff der Abkühlung und der Transmiſſion der Wärme, ſo wie auch die neueſten Unterſuchungen über Abkühlung und Transmiſſion der Wärme durch ſchlecht leitende Körper mittheilen, womit ſich Hr. Peclet mehrere Jahre unausgeſetzt beſchäftigt und dadurch der induſtriellen Welt unendliche Dienſte geleiſtet hat.

Delbrück.

Digitized by Google

Die Monumente Athens und die archäologiſchen Studien in Griechenland.

(Nebſt Zeichnungen auf Blatt **614** und **615**).

Die Geſchichte der griechiſchen Monumente umfaßt drei ſehr verſchiedene Perioden: zuvörderſt die lange Reihe von Jahrhunderten, welche der türkiſchen Herrſchaft voranging; dann die Periode von vier Jahrhunderten, in welcher das türkiſche Joch auf Griechenland laſtete; und endlich die Periode der Unabhängigkeit, welche uns hauptſächlich beſchäftigen ſoll. Die erſte Epoche kann für die griechiſchen Kunſtwerke, welche jetzt noch beſtehen, als eine glückliche betrachtet werden. Vor der Ruhe und der einfachen Majeſtät der Marmorwerke Athens und Korinths haben ſich nach und nach die berühmteſten und ſtolzeſten Geiſter gebeugt; von Seiten der Griechen haben dieſe Huldigungen nichts Auffallendes, ihre Natur führte ſie darauf hin. Die plötzliche Wirkung, welche die griechiſche Kunſt auf die ſtürmiſchen und rohen Seelen der alten Römer hervorbrachte, liefert ſchon einen beſſern Beweis, daß ihr Reiz unwiderſtehlich war. Als Fabius dem Hannibal Tarent wieder abgenommen, ließ er ſich durch den Jupiter von Lyſippos bezaubern. „Er hätte ihn mit hinweggeführt," ſagt Plinius, „wenn die koloſſale Höhe der Statue es nicht verhindert hätte." Ein Herkules indeſſen wurde auf ſeinen Befehl nach Rom geſchafft; darauf beſchränkte ſich aber die ganze Beute an geheiligten Gegenſtänden, und ſeine Mäßigung ließ ihn den edeln Ausſpruch thun: „laſſen wir den Tarentinern ihre gereizten Götter!" Die Schönheit von Syrakus, das er ſeinen Soldaten Preis geben mußte, rührte Marcellus zu Thränen. Seine Feſtigkeit verhinderte die Verwüſtungen, und wenn er die Gottheiten mit kühnerer Hand als Fabius berührte, ſo geſchah es nicht aus Plünderungsſucht, ſondern um ſein Vaterland zu zieren und zu unterrichten. Ungeachtet jener ungeheuren Beute, die ſeinen Triumph berühmt machte, war Paulus Aemilius nichts weniger als Tempelſchänder. Bei der Rundreiſe, die er zu ſeiner Erholung von dem blutigen makedoniſchen Kriege durch Griechenland machte, blickte aus dem Staatsmanne der mehr als gewöhnliche Kunſtliebhaber, ja beinahe der Künſtler hervor. Bei ſeinem Beſuche in Olympia ſagte er: „Phidias hat den Jupiter des Homers geſchaffen;" auch hatte er Bildhauer und Maler in ſeiner Umgebung, die durch den Anblick der griechiſchen Kunſtwerke den Sinn für das Schöne in ſich ausbilden mußten.

Mummius machte eine Ausnahme von dieſen Kriegsmännern, welche der Zerſtörung fremd waren; er war ein Barbar. Nichtsdeſtoweniger verdiente er nicht ganz den Schwall von gelehrten Zornausbrüchen, welche man an ſeinen Namen knüpfte. Die unparteiiſche Geſchichte machte einen Unterſchied zwiſchen dem ehrliebenden Manne und dem unwiſſenden Soldaten, der Korinth eroberte und verbrannte, deſſen Hände aber rein blieben. Auch ſtarb Mummius ſo arm wie Ariſtides. Sulla benahm ſich vor Athen wie ein Raſender. Schon hatte er die Schattengänge der Akademie gelichtet, den Pyräos und das Arſenal des Philo in Aſche gelegt, und als er Herr der Stadt war, brachte er Alles um. Plötzlich erinnerte er ſich beim Anblick der ſiehenden Beſiegten, daß der Ort, den er verwüſtet, die Stadt des Perikles und des Phidias ſei; und er ließ Einhalt thun und rief: „Ich bewillige den Todten die Gnade der Lebenden;" ein verſpätetes Erbarmen, bei dem aber die Kunſt im Vortheil war, denn unter der Zahl der verſchonten Lebenden befanden ſich alle Monumente der Akropolis.

Die Rohheiten des Sulla ſtehen im Widerſpruche mit dem allgemeinen Geiſte ſeiner Zeit, in welcher dem Appius Claudius ein Portikus in Eleuſis errichtet wurde, und Cicero ſeinem Sohne die Abſicht kund gab, die Akademie von Athen mit einem neuen Portal zu ſchmücken. Rom, für das Schöne begeiſtert, war empört, und es gereicht Cäſar zum Ruhme, eine Beſatzung nach Korinth geſandt zu haben, um die Mauern daſelbſt wieder aufzubauen. Später, als der Verfall der Kunſt überall immer ſichtbarer wurde, waren es zwei Männer, welche der griechiſchen

Digitized by Google

Kunst in Griechenland selbst wieder Trost brachten und sie in etwas belebten. Unter Nerva machte ein durch die Entdeckung eines Schatzes reich gewordener Rhetor, Herodes Attikus, einen Gebrauch von seinen Reichthümern, der ihn berühmt machte; er allein baute in Athen ein Theater und ein Stadium, deren Ruinen noch vorhanden sind, und stellte das Odeon des Perikles wieder her. Ein anderes Theater in Korinth, ein Stadium zu Delphi, die Bäder an den Thermopylen zeugen noch offenkundig von seiner intelligenten Prachtliebe. Hadrian theilte diese Ehre mit Herodes Attikus; seine Liebe für die Kunst, die bei Bauten von zweifelhaftem Geschmack und Nutzen oft vom rechten Wege abging, wußte scharfsinnig und wahrhaft fruchtbar zu sein, als er dem Athen des Theseus ein neues Athen hinzufügte und als er jenen prachtvollen Tempel des olympischen Jupiters vollendete, welchen Pisistratos angefangen hatte. In den folgenden Jahrhunderten mehrten sich die Verwüstungen; die Ehrfurcht vor dem Alterthume erstarb aber niemals, selbst nicht in den schlimmsten Tagen; von Zeit zu Zeit tauchte sie wieder auf und sprühte einige Funken wie ein schlecht ausgelöschtes Feuer. Nach der Zeit Konstantins kopirten Künstler den Jupiter des Phidias zu Olympia, wo er sich damals noch befand. In Rom war die Aufsicht und die Sorge für die Unterhaltung der schönen Kunstgegenstände einem Inspektor anvertraut, dem centurio nitentium rerum. Theodosius der Große und Honorius erließen ausdrückliche Gesetze zur Schonung der heidnischen Tempel. Als endlich im Jahre 395 Alarich mit seinen Gothen Griechenland verheerte, erschien der Tradizion zufolge Minerva und Achilles auf der Akropolis und verscheuchten den Feind. Wenn dieses Mährchen eine Bedeutung hat, so unterliegt es keinem Zweifel, daß die Zauberkraft ihrer Berühmtheit einmal mehr die Kunstwerke der griechischen Architektur rettete.

In jener Zeit zählten die Monumente acht Jahrhunderte ihres Bestehens, also noch nicht die Hälfte der Zeit, die sie beinahe noch unversehrt erleben sollten, indem die einen in der Einsamkeit des Peloponnes und der Insel Aegina in Vergessenheit gerathen, die andern in Kirchen verwandelt und dem christlichen Glauben geheiligt worden waren. Das Jahr 1455 brachte sie mit dem Boden, welcher sie trägt, unter türkische Herrschaft, und seit jener Zeit haben sie in dem Zeitraume von kaum 400 Jahren alles Mißgeschick zu erdulden, womit sie unter der Barbarei der vorhergegangenen Jahrhunderte verschont geblieben waren. Folgt nun daraus, daß die Moslemins ein Volk von Verwüstern sind? Nein, sie bezeugen im Gegentheile für Gebäude, welche sie auch sein mögen, eine Art abergläubischer Verehrung. Einzelne Schändungen bei Seite gesetzt, hat ihr Benehmen gegen Besiegte niemals den Instinkt oder die Gewohnheit der Zerstörung wahrnehmen lassen. Als sie in Konstantinopel einrückten, begann ein Soldat mit der Zerstörung der Altäre der heil. Sophia; Mahomet strafte ihn mit seinem Yatagan. Dort, wie drei Jahre später in Athen, verbot er aufs strengste und mit der ganzen Auterität eines unumschränkten Herrschers das Geringste zu zerstören. Der Nachtheil, welchen die griechische Kunst in der neuern Zeit erfahren, hat also eine andere Ursache, und zwar glaube ich letztere in einer sehr verbreiteten und trotz der neueren Fortschritte des ottomanischen Reiches festgewurzelten Meinung suchen zu müssen, darin nämlich, daß die Türken nach dem Ausspruche eines berühmten Schriftstellers in Europa nur ein Lager bezogen haben. Diese Ansicht war Schuld an den Unternehmungen der Venezianer, an den offenen oder versteckten Bestrebungen Rußlands und an den wiederholten Anstrengungen der Griechen, diese vorübergehenden Eroberer zu verjagen. Einige andere Nazionen, welche aus demselben Grundsatze verschiedene Konsequenzen entwickelten, scheinen geglaubt zu haben: „die griechischen Monumente gehören nicht den Türken, welche keine Griechen sind; eben so wenig gehören sie aber auch den Griechen, weil diese Sklaven sind; sie sind vielmehr das Eigenthum dessen, der sich ihrer zuerst bemächtigt;“ und damit getröstet, legten sie mit vollkommener Gewissensruhe Hand an die schönsten Reste des Alterthums. Wenn sich Griechenland nicht frei gemacht hätte, so unterliegt es keinem Zweifel, daß bei der stets wachsenden Vorliebe für die alten Denkmäler mit jenen mächtigen Hebezeugen, welche Obelisken und Schlösser heben, und mit jenen Maschinen, welche die Entfernungen in Nichts verwandeln, die griechischen Alterthümer in wenigen Jahren ganz entführt worden und den Hellenen nur der Staub ihrer Vergangenheit geblieben wäre.

Von welchen vollständigen Werken und von welchen Trümmern wurden die Türken durch die Eroberung Eigenthümer und Bewahrer? In welchem Zu-

Digitized by Google

ſtande fanden ſie dieſelben? Und was haben ſie daraus gemacht? Ein gewiſſer Kabaſilas von Akarnanien, der gegen das Ende des 16. Jahrhunderts die Stadt Athen beſuchte, war ganz entzückt, den Parthenon noch ganz erhalten und dem unbekannten Gotte des heiligen Paulus geweiht, ferner den größten Theil vom Tempel des olympiſchen Jupiters, den er einen „mit großen Marmorwerken bekleideten und von Säulen getragenen Palaſt“ nannte, und das Thor unverſehrt zu ſehen, das von der Stadt des Theſeus zu der des Hadrian führte; die Türken waren im Beſitz der Akropolis und die Chriſten waren in der Ebene zerſtreut. Die drei Gebäude, welche Kabaſilas ſah, waren nicht die einzigen; man muß noch hinzufügen: das Erechtheion, die Säulen der Propyläen, die Pinakothek, das Heiligthum der ungeflügelten Viktoria, und von der Burg herabgehend den Tempel des Theſeus, die Stoa des Hadrian, das Agorathor, den Thurm der Winde und das choragiſche Monument des Lyſikrates. Dies war allein in Athen! Auf Aegina und zu Phigalia ſchliefen zwei großartige und ſchöne Ruinen in Vergeſſenheit, entfernt von gebahnten Straßen, und zu ihren Füßen barg die verſchwiegene Erde in den Basreliefs derſelben einen Schatz, welcher erſt in unſerem Jahrhunderte ans Tageslicht gezogen werden ſollte, um geraubt zu werden. Gewiß hat nie ein Krieg dem Sieger einen ſolchen Gewinn von unſchätzbaren Denkwürdigkeiten geliefert.

Die Türken waren zweifelsohne niemals Vandalen, aber auch eben ſo wenig Künſtler, und Griechenland ſollte dies bald erfahren. Attika, deſſen Boden aus Marmor beſteht, lieferte den Eroberern Griechenlands reichliches Material zum Bauen, und die neue Stadt Athen iſt buchſtäblich aus den Abhängen des Hymettos, des Lykabettos und des Anchesmos hervorgegangen; dazu aber mußte der Hammer und das Pulver verwendet werden.

Die Indolenz der Türken fand es manchmal bequemer den alten Monumenten Materialen zu entwenden, die ihnen nahe lagen, um ſie in Kalk und Mauerſteine zu verwandeln. Die griechiſchen Archäologen und die Tradizion beſchuldigen ſie, auf ſolche Art den olympiſchen Jupiterstempel verherrt zu haben, deſſen wenige Säulen nichts mehr von der Wirkung jenes mit großen Marmorwerken bekleideten Palaſtes, wie der Akarnanier Kabaſilas rühmt, zeigen. Es iſt bekannt, daß ein Woiwode ſich aus den Fußbodenplatten des Theſeustempels ohne Umſtände eine Villa erbauen ließ. Dieſes Monument hatte übrigens ſchon im Jahre 1660 einen ernſtlichen Schaden erlitten; es wurde verſtümmelt, um zur Moſchee umgewandelt zu werden. Die Griechen beſchwerten ſich darüber und es erſchien in Folge deſſen ein Befehl aus Konſtantinopel, der den Tempel für immer rettete. Seit dieſer Zeit wurde er nur noch einmal vom Blitz getroffen, welcher eine Säule von oben bis unten ſpaltete. Ohne indeſſen über dieſe ſeltenen Gewaltthätigkeiten triumphiren zu wollen, darf man behaupten, daß die bloße Gegenwart der Moslemins ein Unglück für die antike Architektur war; ihre Berührung hat ſie zu Grunde gerichtet, beſchmutzt, entehrt. Gezwungen, ſich auf der Akropolis feſtzuſetzen, von wo ſie die Stadt beherrſchten, errichteten ſie daſelbſt elende Eulenneſter von Gips, welche weder Häuſer noch Zelte waren, und die ſie an die edelſten Säulen anklecksten und mit denſelben verklammerten, wodurch ſtellenweiſe die reinen und zarten Linien der Kannelirungen beſchädigt wurden. Das Auge gewahrt noch an den Tambours die ſchiefen und geſchwärzten Umriſſe ihrer zuſammengeſtürzten Dächer; ein dicker Rauch von der Küche der Janitſcharen hat ſich an den Marmor angeſetzt und ihn für immer mit einer Rußſchichte bedeckt. Welcher Unterſchied zwiſchen der öſtlichen Faßade des Parthenon, die lange Zeit zu dieſer traurigen Nachbarſchaft verdammt war, und den Ruinen der mittägigen Seite, welche die Sonne allein berührt und vergoldet hat. Ferner hat der Kultus der Mahomedaner Anbauten hinzugefügt und Einrichtungen veranlaßt, welche für Iktinos und ſeine Werke eben ſo viele Beleidigungen ſind. Die Minarets beſitzen ohne Zweifel eine eigenthümliche Anmuth; ihre ſchlanke Geſtalt verleiht den orientaliſchen Landſchaften einen großen Reiz, verbeſſert das, was die Kuppeln oft in ihrer maſſenhaften Rundung Gedrücktes haben, und dann ſind ſie die natürlichen Begleiter der Moſcheen wie der ſpitze Thurm die gothiſche Kathedrale vervollſtändigt und bekrönt. Wer würde es aber glauben, daß es vernünftigen Weſen jemals einfallen konnte, ein Minaret auf das Dach des Parthenon zu ſetzen! Dennoch haben die Türken dies ausgeführt, und die am meiſten vortretende Ecke des Gebäudes, diejenige, welche dem ſaroniſchen Meerbuſen zugewendet iſt, war gerade die von ihnen für dieſen lächerlichen Unſinn gewählte

Digitized by Google

Stelle. Jetzt iſt davon nichts mehr übrig als die Treppe des Minarets, auf der man zum weſtlichen Fronton hinaufſteigt; ein ſicherer und leichter Weg, den die ſtupideſte Unvorſichtigkeit den Dieben öffnen konnte, die es bekanntlich auch nicht unterließen, ſich ſeiner zu bedienen. Im Innern der Cella hat ſich die türkiſche Frömmigkeit mit demſelben Bequemlichkeitsſinne ohne Anſtand einzurichten gewußt; es wurden hier ärmliche Kapellen erbaut, oder vielmehr wie für einen Tag von Brettern und Brocken allerlei Art mitten in dem antiken Tempelraume zuſammengeflickt; an andern Stellen wurden die fein geſchnittenen und zuſammengefügten Blöcke des Iktinos mit namenloſen Tünchen überſchmiert; das unförmliche Gewölbe der Moſchee trat an die Stelle des leichten und eleganten aus Parosziegeln geformten Daches. Unerwähnt laſſe ich die Mauern, welche die Propyläen und die Kapitäle der Pinakothek erdrücken; die Venezianer und die Franken hatten vor den Soldaten des Mahomet dieſe merkwürdige Art erdacht, das Werk des Themiſtokles zu vollenden. Bei dieſen ſchon ſo bedauernswerthen Verwüſtungen iſt es leider nicht ſtehen geblieben; die Türken wußten dieſe durch ihre Ignoranz ſo übel behandelten griechiſchen Monumente während des Krieges nicht vor den Kugeln des Feindes, und im Frieden nicht vor der frechen Begehrlichkeit derjenigen zu ſchützen, welche ſie nicht ſtahlen, um ſie ſelbſt zu beſitzen, ſondern um damit einen Handel zu treiben. In einer Epoche, in welcher die Belagerungen durch den Gebrauch der Artillerie immer mörderiſcher wurden, würde ſich eine Regierung, die den Werth der griechiſchen Monumente gekannt hätte, wohl gehütet haben, Pulvermagazine darin anzulegen. Dieſe tempelſchänderiſche Achtloſigkeit hatte zur Folge, daß der reizende Tempel der ungeflügelten Viktoria im Jahre 1656 in die Luft geſprengt wurde, was eine Lehre für die Zukunft hätte ſein ſollen. Nichtsdeſtoweniger machten die Türken im Jahre 1687, als die venezianiſche Armee unter Moroſini und Königsmark die Akropolis belagerten, ein Pulvermagazin aus dem Parthenon; ſechs Kanonen und vier Mörſer waren auf der Pnyx aufgeſtellt, von wo aus die Citadelle in Breſche gelegt werden ſollte. Eine Kataſtrophe war unvermeidlich; eine Bombe flog in das Magazin, das Pulver explodirte, und der Tempel der Minerva, der einen Augenblick vorher noch in ſeinem Glanze daſtand, war nur noch eine großartige Ruine. Dies war nicht das einzige Unglück dieſes verhängnißvollen Krieges. Moroſini, der Peloponneſer, rückte in Athen ein; die Peſt folgte ihm auf dem Fuße und vertrieb ihn bald daraus. Gleichwohl reizten ihn im Augenblicke ſeines Abzuges die Statuen vom Fronton des Parthenon, und er befahl ſeinen Soldaten, ſie mit wegzuführen; die Götter des Phidias aber entglitten den ungeſchickten Händen der Seeleute und zerbrachen bei dem Herunterfallen auf dem Felſen in Stücke; der Admiral, gezwungen nach Euböa abzuſegeln, ließ die Fragmente liegen, und länger als hundert Jahre lagen auf dem Boden in bunter Verwirrung und unheilbar für immer verſtümmelt alle die Figuren jener epiſchen Scene, in welcher der Meiſter den berühmten Streit zwiſchen der Tochter und dem Bruder Jupiters wegen Attika dargeſtellt hatte. Hier lag Minerva ſelbſt, Neptun, die Viktoria, Kekrops oder Erechtheus, Latona und die Jünglingsgeſtalt, die einen Fluß- oder Halbgott darſtellte; ferner die für Ilyſſos oder Theſeus gehaltene Figur, alle von ſo meiſterhafter Vollendung, daß Quatremère de Quincy ſie mit nichts vergleichen konnte, ſelbſt nicht mit den Gruppen des Monte Cavallo oder dem Torſo des Belvedere. Als Griechenland ſeine Unabhängigkeit wieder erkämpfte, fanden ſie ſich an dieſer Stelle nicht mehr vor; die von den Soldaten des Moroſini in Stich gelaſſenen Trümmer des Parthenon waren auf den Schiffen des Lord Elgin nach England entführt worden!

Man erſchöpfte ſich in allen möglichen Ausbrüchen von Indignazion gegen das Benehmen des Lord Elgin in Griechenland. Chateaubriand hat eine Rüge gegen ihn ausgeſprochen, die mit dem Itineraire auf die Nachwelt kommen wird. Lord Byron ſetzte ihn zugleich über und unter einen Gothen. Die Hellenen verwünſchen ihn, und eine intelligente Kanonenkugel hat den Stein zerſchmettert, worauf er ſeinen Namen geſchrieben hatte. Auch darf man ihn vielleicht für hinlänglich beſtraft halten, und beſonders jetzt, wo er todt iſt und der Geſchichte angehört, muß man ſich damit begnügen, ihn kalt zu beurtheilen. Zuvörderſt muß man anerkennen, daß Lord Elgin vieles Gute geſtiftet hat. Er förderte das Schatzhaus des Agamemnon zu Mykenä ans Licht; er reinigte die Pnyx und brachte die Skulpturen des Parthenon zur Kenntniß von Europa, zu einer Zeit, wo Wenige den Muth hatten, eine Reiſe nach dem Orient zu unternehmen. Wurde

Digitized by Google

nun der Kunſt durch dieſe Verletzung ein wahrhafter Dienſt erwieſen? Große Autoritäten glaubten es und ſprachen es aus; andere nicht weniger kompetente Männer beſtreiten oder verneinen es. Die Sache iſt delikat und ein Zweifel wohl erlaubt; aber über eine Handlung, wie dieſe, iſt die öffentliche Meinung einſtimmig. England arbeitete daran, die Türkei wieder in den Beſitz Aegyptens zu ſetzen; Lord Elgin benützte ſeine officielle Stellung als Geſandter in Konſtantinopel dazu, den Dienſt, welchen das londoner Kabinet der hohen Pforte erwies, für ſeinen Vortheil zu eskomptiren. Er erhielt freilich nur die beſcheidene Erlaubniß, die Gebäude der Akropolis zu beſuchen und zu zeichnen, auch einige Steine mitzunehmen, die er bei den Ausgrabungen in der Nähe der Götzentempel finden würde; indeſſen nahm der ehrenwerthe Diplomat in Folge einer bequemen Auslegung des Firmans 244 Basreliefs und Statuen, wovon 60 dem Parthenon angehören, von den Monumenten herunter und ſchiffte ſie ein. Dieſer aufgeklärte Freund der ſchönen Kunſtgegenſtände verkaufte dann den ganzen Phidias an ſein Land um den Preis von 25000 Pfund Sterling.

Dieſes bedauernswerthe Beiſpiel wurde zweimal wiederholt und jedesmal mit vermehrter Kühnheit; Lord Elgin hatte gethan, als ob er einige Formalitäten beobachte; ſeitdem aber hatte man ſie für überflüſſig gefunden. An der Grenze von Triphylia und Meſſenien ſieht man unfern der weſtlichen Küſte des Peloponnes und beinahe auf dem Gipfel des Berges Kotylos einen Tempel, welchen die Phigalier ehemals dem Apollo Epikuräos, oder dem Hilfreichen geweiht hatten, der ſie vor einer Epidemie beſchützte. Von Menſchen verwüſtet, welche im Mittelalter die bronzenen Befeſtigungsmittel herabriſſen, erſchüttert durch Erdbeben, beſitzt er noch jetzt inmitten ſeiner durcheinander geworfenen Trümmer eine große Anzahl unverſehrter Theile; in ſeinen Ruinen war ſeit unendlich langer Zeit der ganze aus 96 Basreliefs beſtehende und den Streit der Kentauren mit den Lapithen, ſo wie den Kampf der Griechen mit den Amazonen darſtellende Fries begraben gelegen. Pauſanias zufolge erbaute Iktinos dieſen Tempel, und Stackelberg iſt der Meinung, daß Alkamenes der Bildhauer deſſelben war. Es war dieſer Fries folglich ein herrliches Ueberbleibſel aus der ſchönſten Kunſtepoche. Im Jahre 1812 entdeckten Engländer, welche hier Nachgrabungen veranſtalteten, den Fries unter den übereinander liegenden Blöcken. Der Paſcha von Morea, Wely, ein Sohn des berühmten Ali von Janina, verweigerte die Erlaubniß die gefundenen Skulpturen hinweg zu führen, was aber die Wünſche der Engländer noch höher ſpannte. Von Zante aus ſandten ſie 60 bewaffnete Männer, welche mit Hilfe bezahlter oder betrogener griechiſcher Bauern die beſten dieſer Fragmente auf ein Schiff luden und ſie davon führten. Hatte aber dieſe himmelſchreiende Schändung alles Rechtes wenigſtens zur Entſchuldigung eine enthuſiaſtiſche und unwiderſtehliche Liebe für das Schöne? Man urtheile! Zwei Jahre ſpäter waren die Basreliefs von Phigalia auf einer der ioniſchen Inſeln mit Genehmigung der engliſchen Regierung ausgeſtellt, und die Beſitzer machten Europa bekannt, daß der öffentliche Verkauf derſelben am 1. Mai 1814 ſtattfinden würde und daß kein Angebot unter 60000 ſpaniſcher Thaler (d. i. 120,000 Gulden K. M.) angenommen würde. Auf ſolche Art wurden Alkamenes und Phidias im britiſchen Muſeum vereinigt. Es hätte wenig gefehlt, daß nicht die Beſtandtheile des Panhellenions von Aegina denſelben Weg gegangen wären. Sie wurden in derſelben Epoche ebenfalls von Engländern aufgefunden, weggeführt und verkauft; ein günſtigerer Wind aber führte ſie nach Rom, wo ſie Thorwaldſen reſtaurirte. Später kaufte ſie Prinz Ludwig von Baiern, der damals noch nicht König war, und beſchenkte ſein Vaterland damit, wo ihnen ein ehrenvolles Aſyl in einer Stadt geſichert iſt, die man mit Recht das Athen Deutſchlands nennt.

Ein Freund Byron's, Lord Sligo, hatte die Abſicht, einiges Geld auf die Aufſuchung von Alterthümern zu verwenden. Der Dichter, der damals in Athen wohnte, erbot ſich die Arbeiten und die Verwendung der Fonds in ſeiner Abweſenheit zu überwachen; dann ſetzte er hinzu: „Vertrauen Sie mir, ich bin kein Dilettant. Alle Ihre Kenner ſind Spitzbuben; ich aber ſchätze dieſe Dinge zu wenig, um jemals an ihnen zum Dieb zu werden.“ Dieſer von dem Reiſenden Chriſtian Müller ſeitdem wiederholte Ausſpruch Byrons iſt etwas mehr als ſtreng; wie aber ſoll man damit zurückhaltend ſein, wenn man ſelbſt Zeuge von ſolchen Begebenheiten war, wie ſie eben erzählt wurden. Uebrigens hat man geſehen, daß wenn ſolche Thaten leicht ausgeführt werden konnten, die Türken weder wirkliche Macht, noch moraliſches Uebergewicht beſaßen ſie zu verhindern. —

Digitized by Google

Es war hohe Zeit, daß der Unabhängigkeitskampf die antiken Monumente Griechenlands in die Hände derjenigen zurückgab, die sie zu bewahren das unmittelbarste und größte Interesse hatten. Seit 26 Jahren hat ein neues und der Namen, woran sie erinnern, würdiges Geschick für diese schönen Gebäude begonnen. Erschöpft durch den mühevollen und undankbaren Kampf um ihre politische Wiedergeburt hätten sich die Hellenen darauf beschränken können, die Werke der Vergangenheit fortan zu beschützen; ihre Pflicht erstreckte sich nicht weiter. Ein sicheres Mittel aber bot sich ihnen dar, einer jener Hoffnungen Europas zu entsprechen, und sich gleichzeitig für die außerordentlichen Dienste erkenntlich zu zeigen; und dieses Mittel bestand darin, auch die kleinsten Ueberreste des Alterthums sorgfältig zu sammeln und sie der Kunst und der Geschichte wiederzugeben. Sie haben das begriffen, und gleich vom Anfang an sah man sie, weit davon entfernt, ihr Erbgut zu vernachlässigen oder zu verschleudern, als geschickte und wachsame Konservatoren desselben auftreten.

Im Jahre 1837 bildete sich in der Hauptstadt Griechenlands eine archäologische Gesellschaft mit Genehmigung des jungen Königs. Diese Gesellschaft stellte sich die schwierige Aufgabe, griechische Alterthümer aufzusuchen, auszugraben und zu restauriren. Jedermann, Grieche oder Fremder konnte für einen jährlichen Beitrag, dessen Minimum auf 15 Drachmen bestimmt war, ein Mitglied derselben werden. Griechische und ausländische Namen, alle ehrenwerth, einige berühmt, entsprachen sofort dem Aufrufe der Gründer, und von diesem Jahre an begann die neue Hetärie ihre regelmäßige Thätigkeit. Im Jahre 1848 wurde die Gesellschaft von neuem und kräftiger organisirt. Ihr Zweck ist seitdem ein doppelter; sie beschränkt sich nicht mehr darauf, Ausgrabungen und Wiederherstellungen anzuordnen und zu leiten, sondern sie beschäftigt sich außerdem mit archäologischen und historischen Forschungen und gibt nach dem Beispiele anderer gelehrter Gesellschaften ihre Abhandlungen heraus. Die Nützlichkeit eines solchen Instituts ist nicht zu bestreiten; man erkennt das Gute, was sie gestiftet, und was sie noch zu stiften verspricht, wenn man das Resumé ihrer Verhandlungen überblickt. Dieses interessante meist aus der Feder des gelehrten Riso Rangavi geflossene Buch geleitet den Leser zu der langsamen aber sichtbaren Auferstehung aller großen griechischen Monumente. Man kann nach diesen Berichterstattungen leicht beurtheilen, wie das Unternehmen der archäologischen Gesellschaft zu Athen bis jetzt verfolgt worden ist.

Es ist ein sehr lebhaftes, von Jedem, der in den klassischen Ländern, und besonders in Griechenland gelebt hat, empfundenes Gefühl, ein unablässiges, stetes Sinnen, eine Art von Geistesverwirrung, welche dem Reisenden überall unter dem Boden, den er durchsucht, vergrabene Wunderwerke zeigt. Eine Beute dieses Dämons, welcher Chateaubriand bei seiner Reise durch Mykenä verfolgte, befragt man ohne Unterlaß die Tiefe dieser Erde, die so viele Meisterwerke verschlungen hat. Diesem hinreißenden Gefühle darf man aber nicht vertrauen, da es kaum auf etwas anderes als auf Täuschungen führt. Die Hellenen, deren Geist besonders positiv und praktisch ist, haben diesem Bedürfnisse unterirdischer Nachforschungen, die eben so kostspielig als unfruchtbar sind, nur ein einziges Mal Gehör gegeben, und zwar bei jener Gelegenheit, als sie nach sorgfältiger Untersuchung den Platz kauften, auf welchem sie die beträchtlichen Ueberreste des Bakchostheaters zu finden glaubten. Abgesehen von diesem verunglückten Schritte, der sich übrigens durch die Wichtigkeit des Gegenstandes erklärt und rechtfertigt, wurde der Eifer der archäologischen Gesellschaft von weiser Einsicht geleitet. Der Verehrung der Meisterwerke des Alterthums, und nicht der Restaurazion gewöhnlicher Trümmer hat sie vorzugsweise ihre schwachen Kräfte gewidmet. Der größte Theil ihrer Revenuen wurde mit vollem Rechte auf den Parthenon verwendet. Die Wißbegierigen, die jetzt ihre Tour gemächlich um das Heiligthum der Minerva machen, die es ohne Hinderniß von allen Punkten aus betrachten und frei auf den heiligen Boden umhergehen können, haben keinen Begriff davon, was es gekostet hat, um zu diesem Resultat zu gelangen. Zuvörderst mußten die beinahe überall verscharrten oder bedeckten Stufen des Tempels mit großer Mühe abgeräumt werden, bei welcher Gelegenheit jene Regel, nach welcher die antike Architektur die Hauptlinien der Tempel unmerklich krümmte, um ihnen den Stempel der liebreichsten Harmonie aufzudrücken, aufs klarste dargethan wurde. Durch eine andere Arbeit wurde der steinerne Unterbau bloß gelegt, welcher südlich und westlich das natürliche Piedestal des Monuments bildet, und unter

Digitized by Google

dem Schutt kamen bald 11 Blöcke des Frieſes, 5 der Metopen und einer des Frontons zum Vorſchein, die wie durch ein Wunder dem Lord Elgin und ſeinen Agenten entgangen waren. Die Kunſt hatte ihre Ernte gemacht, eine gleiche war der Wiſſenſchaft beſchieden; man fand zwanzig Platten mit Inſchriften in Bezug auf die Gegenſtände, welche alljährig in dem Tempelhofe, dem Hekatompädon und dem eigentlichen Parthenon, geweiht wurden, und eine Inſchrift, die Fonds betreffend, welche in dem Opiſthodomos aufbewahrt wurden, und die man im peloponneſiſchen Kriege den Armeen geliehen. Bis dahin hatte die Geſellſchaft ſo zu ſagen nur ihre Touren um den Tempel gemacht; im Jahre 1842 drang ſie auch in das Innere ein, um es von den Materialien und dem Schutte der kleinen Moſchee zu befreien, welche ſeit Moroſini an die Stelle der antiken Cella getreten, und jetzt eingeſtürzt war. Dann ſäuberte man den Periſtyl, der ſeit langer Zeit verſperrt war, und hatte dieſe nützliche Operazion die Entdeckung dreier herrlicher Basreliefs vom Frieſe zur Folge, welche ganz vollkommen erhalten waren. Zwei derſelben folgen aufeinander und bilden einen Theil der Wagenproceſſion; das dritte iſt ein Bruchſtück des an der Nordſeite angebrachten Reiterzuges.

Von ſo ſchönem Erfolge ermuthigt lenkte die archäologiſche Geſellſchaft von Athen ihre Ausgrabungen nach der unerforſcht geweſenen mittägigen Seite, wo das Unglück von 1647 einen Hügel prachtvoller Ruinen aufgeworfen hatte. Nur eine ſichere Hoffnung vermochte den beharrlichen Muth einzuflößen, mit welchem die ungeheuren ineinander geſchichteten Säulentambours beſeitigt wurden. Sechs neue Blöcke des Frieſes, von denen vier ganz wohl erhalten, waren der Preis dieſes eifrigen Beſtrebens. Während die Skulpturen nacheinander wieder zum Vorſchein kamen, gaben fortwährende Reſtaurazionen jeden Tag dem Tempel irgend einen ſeiner verſchwundenen Züge wieder. Im Jahre 1841 wurden zwei ganze Säulen auf der nördlichen Seite wieder aufgerichtet; im folgenden Jahre wurden zwei andere bis zur halben Höhe aufgeführt, und von mehreren andern wurden die unteren Tambours aufgeſetzt. Die nördliche Cellenmauer endlich, die zum großen Theile wieder erbaut iſt, läßt jetzt ganz die Verhältniſſe wahrnehmen, die den Periſtyl mit dem Naos ſelbſt verbanden.

Nach dem Parthenon waren die Propyläen der würdigſte Gegenſtand der ſorgfältigen Bemühungen der Hetärie. Ihre Lage an der Front der Citadelle und an dem zugänglichſten Punkte hatte dem erhabenen Veſtibule dieſelben Schickſalsproben zugezogen wie dem Tempel, den es auf ſo prachtvolle Weiſe verkündigte. Eine Exploſion nahm das Dach fort und beraubte die Säulen ihrer Kronen; die weißmarmornen Balken trugen anderthalb Jahrhunderte die Laſt eines türkiſchen Hauſes, und vor kurzem noch war die ganze Faßade in rohem Mauerwerk verſteckt. Von dieſen den Propyläen fremden Bauten iſt keine Spur mehr vorhanden; das türkiſche Gewölbe iſt verſchwunden; das großartige Thor des Centrums zeichnet ſein doriſches Trapez gegen den Himmel ab, und bis zur Baſis freigemacht laſſen die Säulen der Faßade und des inneren Portikus die traurige aber poetiſche Unordnung ihrer umgeſtürzten Kapitäle wahrnehmen. Beim Nachgraben an dem Fuße des Gebäudes wurde eine Stufe der großen Marmortreppe entdeckt, welche in derſelben Breite wie die Propyläen ſelbſt vom Thale aus zwiſchen zwei Reihen Terraſſen und Tempeln zu der Akropolis führte.

Die in der Mannigfaltigkeit ihrer Gottheiten und ihres Kultus ſo ſinnreiche griechiſche Religion verehrte auf der Akropolis von Athen mehrere Minerven zu gleicher Zeit, zwei aber vor allem. Die erſte, welche die Macht und den Geiſt des Gottes der Götter ſelbſt vergegenwärtigte, war edelſtolz, gewaltig zum Streite gewaffnet; die zweite, welche dagegen die wohlthuende Energie der Induſtrie und des Ackerbaues darſtellte, neigte ſich zum Frieden und hatte den Oelbaum aus dem unfruchtbaren Stein hervorſprießen laſſen. Jene thronte im Parthenon mit dem einfachen und kräftigen Charakter in ſeinen großartigen Verhältniſſen; die zweite im Pandroſeon, in dem kleinen, aber verzierten auserleſenen Gebäude, das mit dem Erechtheion und ſeinem Periſtyl ein Räthſel für die Wiſſenſchaft, für die Kunſt aber ein unerſchöpflicher Gegenſtand herrlicher Studien iſt. Die drei gewöhnlichen Feinde der antiken Kunſt, die Türken, die Engländer und das Schießpulver hatten dieſes Meiſterwerk entſtellt, es fehlte eine Eckſäule und eine Karyatide, welche Lord Elgin mit hinweggeführt. Das über dem Erechtheion erbaute und im Freiheitskriege durch eine Bombe eingeſchlagene türkiſche Gewölbe laſtete nebſt zwei ungeheuren Balken auf dem nördlichen Portikus, deſſen gänzlicher Verfall demnächſt dadurch erfolgt wäre. Erdreich und Schutt hatten ſich nach und nach der Cella bemächtigt, und

Digitized by Google

die Karyatidenhalle trug kaum noch einen Reſt des Gebälkes. Es wäre für die Geſellſchaft eine große Freude und ein Triumph geweſen, wenn ſie das Erechtheion wieder mit ſeinem Fries hätte ſchmücken können. Eine Inſchrift und viele unter dem Schutte wiedergefundene Fragmente haben nachgewieſen, daß dieſer Fries aus einer Reihe weißmarmorner Statuetten beſtand, die beſonders ausgearbeitet und auf eleuſiniſchem ſchwarzen Marmor geſetzt und mit demſelben verankert waren, wodurch ſich die Statuetten herrlich hervorhoben. Die Kontraſte der polychromen Skulptur erſchreckte die griechiſchen Künſtler nicht; das Schöne fand bei ihnen immer Aufnahme, wie der Fries des Erechtheions wieder einmal mehr beweiſt. Es ſind in dem Muſeum von Athen noch ſechs verſtümmelte Statuetten dieſes Frieſes vorhanden, die von einer Anmuth und einer Vollendung ſind, daß ſie nur von den Schülern oder höchſtens von den unmittelbaren Nachfolgern des Phidias herſtammen können. Welcher auch der Werth dieſer Trümmer ſei, für eine Reſtaurazion boten ſie keine hinlänglichen Elemente, wenn ſich auch, um die Unbilden der Vergangenheit wieder gut zu machen, die Aufmerkſamkeit der Hellenen auf das Erechtheion wenden mußte. Schon waren die zarten Säulen, die man von der Ebene aus über die venezianiſche Mauer herüberblicken ſieht, wiederhergeſtellt; in den ausgegrabenen und gereinigten Zugängen und im Innern des Gebäudes hatte man die eben erwähnten Figuren gefunden, und mit ihnen ein unverhofftes Glück, eine fünfte Karyatide in Stücken, welche man im Vatikan und unverſehrt glaubte; endlich gelangte auch eine aus Thon gefertigte Kopie der ſechſten Karyatide, der einzigen, welche das Land verlaſſen, vor kurzem aus England an. Streng genommen war alſo die Geſellſchaft im Stande, die weggenommenen oder zerſtörten Theile des Pandroſeons zu erſetzen, und ſie bereitete ſich dazu vor, als es ihr am nöthigen Gelde mangelte. Der damalige franzöſiſche Geſandte in Athen, Piskatory, ließ dieſe Abſicht nicht verunglücken; er lieferte die erforderlichen Fonds, und beauftragte einen ausgezeichneten Architekten der römiſchen Schule das begonne Werk ſeinem Ende zuzuführen. Unter der weiſen und uneigennützigen Leitung Paccard's wurden die beiden Karyatiden, die eine gebrochen, von Marmor, die aber von dem Bildhauer Andreoli reſtaurirt wurde, die andere von Thon, die in ihrem Innern durch eine eiſerne Säule verſtärkt iſt, wieder auf ihr Piedeſtal geſetzt, und darüber legte man behutſam den Architrav, dieſe anmuthige Laſt auf den ſchönen und kräftigen Häuptern der ſechs jungen Mädchen.

Von allen kleinen reizenden und ſorgſam ausgeführten Gebäuden, die um den Parthenon, das Erechtheion und die Propyläen herum wie junge Sprößlinge an dem Fuße großer Bäume aufgeſchoſſen zu ſein ſcheinen, iſt ein einziges bis auf das 17. Jahrhundert gekommen; ich meine den Tempel der Nike oder der ungeflügelten Viktoria, der in Folge einer Exploſion im Jahre 1656 verſchwand, jedoch keineswegs in Vergeſſenheit gerieth. Die archäologiſche von der griechiſchen Regierung ernannte Kommiſſion, welche vor der Entſtehung der Geſellſchaft einige Nachforſchungen vorgenommen, hatte das Glück, dieſen umgeſtürzten Tempel noch beinahe vollſtändig in ſeinen Theilen unter einer modernen Baſtion links von den Propyläen zu entdecken. Die Wiederherſtellung deſſelben wurde ſofort angeordnet. Die mittägige Mauer der Cella war beinahe ganz wiedererbaut, als die Regierungskommiſſion ihr Amt in die Hände der archäologiſchen Geſellſchaft legte, die nunmehr das Werk fortſetzte und zu ihrer Ehre vollendete. Die kannelirten Säulen, die Anten, die Kaſſetten, die Architraven des Tempels, alles iſt jetzt wieder an ſeinem Platze, ſelbſt der von Lord Elgin mitgenommene Fries, den ſich auf die Bitte der Griechen England beeilt hat großmüthig zurückzugeben — in gebrannter Erde, wie es mit einer der Karyatiden vom Erechtheion geſchehen war. Der Fronton iſt für immer verloren.

So hatte ſich die Wirkſamkeit der archäologiſchen Geſellſchaft auf die Monumente der Akropolis geſtaltet. Von denjenigen, die ſich in der Stadt ſelbſt befinden, und welche ſie auch nicht vernachläſſigt hatte, waren es beſonders drei, die ihr Intereſſe im höchſten Grade in Anſpruch nahmen, nämlich der Tempel des olympiſchen Jupiters, das Monument des Lyſikrates und der Thurm der Winde. Ueber den Tempel des olympiſchen Jupiters haben wir bereits ein Wort geſprochen. Kein anderes Gebäude hat ſo verſchiedene Schickſale erlebt, und es würde die Geſchichte ſeines Baues eine ſehr lange ſein. Piſiſtratos, Antiochos Epiphanes, Perſeus, Auguſtus und ſeine Verwandten legten der Reihe nach Hand an, um ihn zu beginnen oder fortzuſetzen, Sulla und Caligula, um

Digitized by Google

ihn zu plündern und zu zerſtören, Hadrian, um ihn zu vollenden. Sowohl ſein Alterthum als ſeine außergewöhnliche Größe und ſeine relative Schönheit haben ihm die Verehrung der Griechen erworben; jeder Gedanke an Reſtaurazion aber mußte in den Hintergrund geſchoben werden bei einem Gebäude, das ſo viele Anſtrengungen erſchöpft und den Athenienſern 7088 Talente oder 9746000 Thaler gekoſtet hatte. Nur dafür konnte Sorge getragen werden, die 12 oder 15 Säulen, welche trauernd dieſes vernichtete Wunderwerk überlebten, vor gänzlichem Verfall zu ſchützen. Der Boden, auf welchem ſie ſtehen, hat gegen die Ilyſſosſeite eine ſtarke Futtermauer mit dicken Strebepfeilern; die Zeit hatte in dieſelbe eine bedrohliche Breſche genagt und vergrößert; vermittelſt 20 Steinblöcken, die auf das benachbarte Feld hinab gerollt waren, wurde ſie von der Geſellſchaft geſchloſſen. Dieſe dem Anſcheine nach unbedeutende Reparatur wird die Säulen retten, und erhält ſo den äſthetiſchen und archäologiſchen Studien einen Anhaltspunkt der Vergleichung, der um ſo werthvoller iſt, als dieſe Ueberreſte der korinthiſchen Ordnung beinahe die einzigen in Griechenland ſind *).

Wenn man ſich von dem Tempel des olympiſchen Jupiters nach dem öſtlichen Abhange der Citadelle wendet, ſo betritt man bald die antike Straße der Dreifüße, welche ihren Namen von den zahlreichen Monumenten hatte, wo die Chorführer, die in den ſceniſchen Wettkämpfen des Dionyſiſchen Theaters geſiegt, bronzene Dreifüße aufgeſtellt. Im Jahre 335 vor Chriſti Geburt errichtete unter dem Archontat des Euänetos der Chor Akamantis, der in einem dieſer friedlichen Kämpfe den Sieg davon getragen, an dem Eingange der Straße das reizende Gebäude, das von der Tradizion die Laterne des Demoſthenes genannt wird. Ich würde es beſchreiben, wenn nicht Jedermann die ſeltene Eleganz ſeiner korinthiſchen Säulchen, ſeinen in Basrelief ein Abenteuer des Bakchos darſtellenden Fries und ſein kreisrundes Dach kennte, auf welchem der von dem ſiegreichen Chor gewonnene Dreifuß aufgeſtellt war. Die poetiſche Erinnerung, welche ſich daran knüpft, ſeine Form, ſeine Details, alles iſt lieblich an dieſem Schmuckkäſtchen der Kunſt; ſeine Kleinheit indeß und ſeine Vollendung waren aber nur eine doppelte Gefahr für daſſelbe. Und dennoch blieb es ſtehen, und kam nicht nach London? — Da es an der ſteilſten Seite der Citadelle lag, ſo war die φανάρι (Laterne) bei den Belagerungen nicht ſo bloßgeſtellt als andere Monumente, und wenn es die Reiſe über das Meer nicht machte, ſo iſt der Umſtand Schuld daran, daß es vor beiläufig 200 Jahren von Frankreich aequirirt wurde; denn im Jahre 1658 hatten ſich franzöſiſche Kapuziner in Athen niedergelaſſen, und Pater Simon, ihr Oberer, kaufte die Laterne von einem Griechen um die Summe von 350 Thalern; — eine Kleinigkeit für dieſen Schatz! Kaum aber war der Kauf abgeſchloſſen, ſo fühlte der Athenienſer Reue, nicht wegen des Preiſes, ſondern aus der ehrenhaften Furcht, das Meiſterwerk möchte in die Hände von Barbaren gefallen ſein; es entſtand ein Streit; indeſſen wurde der Kauf beſtätigt und Pater Simon blieb Herr des Monumentes, unter der Bedingung jedoch, es zu reſpektiren und es denjenigen zu zeigen, die es zu ſehen begehrten. Die guten Väter hielten ihre Zuſage; im Schatten ihres friedlichen Kloſters kam es unbeſchädigt bis zur Regierung Otto's I. Die Nachfolger des Pater Simon beſaßen ſo viele chriſtliche Selbſtverleugnung, daß ſie im Jahre 1845 auf ihr Eigenthum Verzicht leiſteten. Die archäologiſche Geſellſchaft beeilte ſich ſogleich die Baſis des Gebäudes frei zu legen und es von allen Seiten zu iſoliren.

Obgleich die Architektur des Thurmes der Winde keineswegs zu verachten iſt, ſo iſt er doch als Kunſtwerk keines beſonderen Studiums werth. Die an den 8 Seiten des Gebäudes ſkulptirten Winde ſind mittelmäßige Figuren, welche eher zu fallen und zu kriechen, als auf dem zu ſchmalen Felde, das von dem Hauptgeſimſe begrenzt wird, zu fliegen ſcheinen; das Dach hat keine Leichtigkeit, und man fragt ſich, wozu die beiden Portiken von unbeſtimmtem Stil dienen. Dieſer merkwürdig gut erhaltene Thurm könnte nur den Archäologen intereſſiren; es iſt ein Monument der Gnomonik der Alten. Andronikus Kyrrheſtes, der es im Jahre 159 vor Ch. Geb. erbaute, machte gleichzeitig einen Windzeiger daraus, und eine Sonnenuhr, eine Waſſeruhr oder Klepſydra. Was man auch ſagen mag, das Nützliche wird insgemein mehr geſchätzt und überall ſicherlich mehr verehrt als das Schöne; auch gibt es für

*) Daß eine dieſer Säulen im Jahre 1852 vom Winde umgeworfen wurde, berichtet Herr Bauinſpektor Wild im Jahrgange 1853 der Bauzeitung Seite 345.

Digitized by Google

ein antikes Monument niemals eine erfolgreichere Protekzion, als eine gegenwärtige Beſtimmung und Nutzanwendung, bei der es nicht zu leiden hat. Die Griechen, welche dies wohl wußten, faßten zur guten Stunde den Entſchluß, dieſen Thurm des Kyrrheſtes ſeinem urſprünglichen Zweck eines Uhrthurmes wiederzugeben; der Boden der Aeolsſtraße, in der das Gebäude bis zu drei Viertel ſeiner Höhe vergraben war, wurde auf entſprechende Tiefe weggeſchafft, und die freigelegte Baſis wurde mit einer achtſeitigen Futtermauer umzogen. Ein Grieche Palaska, Officier in der franzöſiſchen Marine, wurde von der Hetärie erſucht, die vielen Linien zu unterſuchen, die an den Seiten des Thurms eingeriſſen ſind, und ſein Gutachten abzugeben, ob ſie jetzt noch für die Einrichtung einer Sonnenuhr zu benützen ſein würden. Palaska gab darüber ein Memoire heraus, aus welchem folgendes hervorgeht: Obgleich der Thurm nicht genau orientirt iſt, ſo beweiſt doch die Anordnung der Stundenlinien, daß in der Zeit, in welcher ſie gezogen wurden, die Athenienſer den Sonnentag in 12 Stunden theilten. Nach dieſem Syſtem hatten die Stunden keine unveränderliche Dauer wie jetzt, ſondern ſie wuchſen und fielen je nach der Jahreszeit mit dem Tage ſelbſt. An einem Tage, von dem ſie den zwölften Theil darſtellen, unter ſich gleich, waren ſie im Sommer länger, im Winter kürzer. Der Aufgang der Sonne — 12 Uhr in der Nacht — war der Anfang der Tagsſtunden; die ſechſte Stunde — unſer Mittag — wurde mit dem Durchgang der Sonne durch den Meridian bezeichnet; während die zwölfte Stunde dem Untergang dieſes Geſtirns entſprach. Einige nach Anweiſungen Palaska's angebrachte Zeiger geben die Stunden der Alten an, die ſehr leicht auf unſere Stunden zu reduciren ſind.

Wenn das Reinſte und Beſte der griechiſchen Architektur ſich in Athen befindet, ſo haben doch auch die Provinzen ihrer Seits noch viele und bedeutende Spuren der Vergangenheit aufzuweiſen. Hie und da ein Grab, eine Akropolis mit Thürmen, kyklopiſche Mauern, ein raſirtes Bollwerk, hier ein einzelnes Thor, dort eine einzeln ſtehende Säule, erinnern ſie alle poetiſch an geheiligte oder berühmte Orte. Die Pflugſchar und das Grabſcheit wurden um dieſe ehrwürdigen Steine herum mit jedem Tag kühner, nur eine ſorgfältige Wachſamkeit kann ſie vor den Angriffen des modernen Lebens beſchützen, indem der Ignoranz die Grenze angezeigt wird, welche ſie mit ihrer Furche nicht überſchreiten darf. Der Hirte ſchirmt ſich noch unter der von dem Gelehrten ausgegrabenen oder von ihm bewunderten Ruine; aber er reſpektirt ſie jetzt. Die Geſellſchaft hat nicht vernachläſſigt, den Menſchen der Wüſte oder des Feldes den Werth der alten Gegenſtände bekannt zu machen und den Reiſenden das Studium derſelben zu erleichtern. Sie ginz nach Mikenä, legte das Löwenthor frei, und unterſuchte mit Ausſicht auf fernere Forſchungen die homeriſche Erde, wo die Atriden ſchlummern. Sie deckte die ſo geſchickt angelegten Sitzſtufen des Theaters von Epidauros, ein Werk des Poliklet, auf, das alle anderen Theater durch die Wahl ſeiner Formen und die Richtigkeit ſeiner Verhältniſſe übertrifft. In Delphi, das nicht vergeſſen werden konnte, fand man bei der erſten Unterſuchung des Thales die pythiſche Grotte, das Gymnaſium, den Unterbau zweier Tempel und die umgeſtürzten aber beinahe vollſtändigen Mauern eines dritten Tempels, der Minerva Pronäa, wieder, deſſen Reſtaurazion beabſichtigt iſt. Auch hat man ſich vorgenommen, den koloſſalen Löwen von Chäronea wieder aufzuſtellen, der zum Andenken an die heilige Schaar errichtet wurde, welche im Kampf gegen Philipp fiel, und von welcher Pauſanias mit einer Einfachheit, die Beredſamkeit iſt, ſagt: „Man hat ſich darauf beſchränkt, einen Löwen auf ihr Grab zu ſetzen, zum Andenken an ihren Muth; es iſt aber keine Grabſchrift darauf geſetzt worden, weil das Glück ſie verrathen hatte.“

Wie man ſieht, begreift Griechenland jetzt den ganzen Werth der Meiſterwerke, deren einzige Wächter jetzt ſeine Kinder ſind. Die Beſtrebungen der archäologiſchen Geſellſchaft von Athen haben herrliche Früchte getragen. Statuen, Basreliefs, Fragmente, Vaſen von Korinth oder Aegina, Medaillen, Inſchriften, Sarkophage, alles wurde ſorgfältig geſammelt und im Theſeustempel aufgeſtellt. Die Idee dieſer heiligen Sammlungen iſt ganz griechiſch; man würde in vielen Ländern wohl thun, ſich daran ein Beiſpiel zu nehmen. Die heidniſchen Tempel waren zugleich Sanktuarien für die Götter wie für die Kunſt; verwandelt man ſie in Muſeen, ſo ſind ſie wenigſtens zur Hälfte ihrer urſprünglichen Beſtimmung zurückgegeben. —

Glückliche Reſultate haben, wie geſagt, die Beſtrebungen der archäologiſchen Geſellſchaft gekrönt. Das Erechtheion, der Parthenon und die Propyläen, aufgeräumt und reſtaurirt, haben drei ſchöne von ausgezeichneten Schülern der franzöſiſchen Schule in Rom (Pae-

Digitized by Google

card, Téraz und Desbuiſſons) auf der Akropolis ausgeführte Studien zur Folge gehabt.

Vor den neuern Leiſtungen der Hellenen hätte de Laborde ſein großes Werk über die griechiſchen Monumente ſicherlich nicht in ſo großem Maßſtabe anlegen können. Die franzöſiſche Schule in Athen hat über den Minerventempel eine geiſtreiche Monographie verfaßt. Die deutſchen Studien über griechiſche Archäologie ſind beinahe alle vor der Entſtehung der archäologiſchen Geſellſchaft in Athen gemacht worden. Einige Memoiren ſind in Deutſchland erſchienen; dahin gehören: „der Tempel der Nike Apteros auf der Akropolis zu Athen, von Roß, Schaubert und Hanſen, Berlin 1839; die Schriften von Forchhammer, Roß, Ulrichs. Zahlreiche Inſchriften, welche durch die Arbeiten der Hetärie ausgegraben wurden, bereicherten die große Sammlung von Böckh. Wenn auch ein frühzeitiger unbarmherziger Tod aus Griechenland ſelbſt, das er mit Leidenſchaft ſtudirte, das Grab Otfried Müller's gemacht hat, ſo können doch diejenigen, die ſein Handbuch der Archäologie kennen, leicht den unermeßlichen Vortheil berechnen, den dieſer zweite Winkelmann aus den neuen Unterſuchungen und Ausgrabungen gezogen hätte. Seit endlich die ewigen Vorbilder der antiken Architektur nicht mehr verſperrt und verſteckt ſind, liefern Pinſel, Kreide und Photographie treue Abbildungen derſelben, und unterſtützen auf dieſe Weiſe die irregeführte Kunſt und den abnehmenden Geſchmack.

Von allen glücklichen Folgen aber, welche aus der Erhaltung und Unterhaltung der antiken Tempel entſtehen, iſt es eine, welche ſich die Zukunft ganz zu eigen machen wird, und die man jetzt nur durchblicken laſſen kann; ich meine jene Uebereinſtimmung der griechiſchen Monumente mit der ſie umgebenden Natur; eine wunderbare Uebereinſtimmung, welche ſich jetzt in Folge der umſichtigen Reſtaurazionen der Archäologen Athens in ihrer ganzen Anmuth und Großartigkeit bemerkbar macht. In jener Zeit, in welcher die griechiſchen Gebäude unter Erde und Schutthügeln zur Hälfte verſchwanden, erſchöpfte man ſich in mühevollen Anſtrengungen, um ſie in Gedanken zu vervollſtändigen, und weiter ging man nicht; jetzt, wo alles Beſtehende auf den erſten Blick wahrgenommen wird, iſt die Auffaſſung des Verlorenen ſchneller und leichter, und hat man das Vergnügen, alles mit Muße zu genießen und zu bewundern, einmal gekoſtet, ſo wendet man ſich unwillkührlich dem Anblick der Landſchaft zu, die man nun ebenfalls bewundert. Bald geräth man auf die Vergleichung der letzteren mit den Monumenten, und man fühlt zuletzt zwiſchen beiden einen geheimnißvollen Zuſammenhang wie einen Familienzug, oder wie eine nicht zu definirende Aehnlichkeit. Dann iſt man in eins jener Geheimniſſe der Vollkommenheit der griechiſchen Kunſt eingedrungen, und man fühlt es, daß die im Schoße einer ſo vollendeten Natur geborenen Künſtler nicht umhin konnten, ihren Werken jene wunderbare Schönheit mitzutheilen, die ſie mit dem Leben einathmeten, und von der ihre Seele, bewußt oder unbewußt, ganz durchdrungen war.

Einige Reiſenden, welche das heutige Griechenland beſuchten, haben daſſelbe als beinahe nackt geſchildert; ſeine Berge ſeien unbewaldet, ſeine Ebenen oft wüſt und unfruchtbar und die meiſten ſeiner Flüſſe ausgetrocknet. Weil es ſeinen grünen Mantel verloren, glauben ſie auch, daß es keine Schönheit mehr beſitze. Mögen ſie ſich aber vorſehen! Griechenland trotzt der Nacktheit, die einem häßlichen Körper ſo verderblich iſt. Blumen, Bäume und Wieſen würden Griechenlands Landſchaften ohne Zweifel nicht verderben; ſie beſitzen deren aber nicht, und leiden auch nicht darunter, denn ihre Vollkommenheit hat, wie jede Vollkommenheit, ihren Grund nicht in der Farbe, ſondern in Geſtalt und Form. Eine wahrhaft ſchöne Figur kann ohne nachtheilige Folgen bleich ſein, ja ſie gewinnt oft dadurch. Der Parthenon war mit den lebhafteſten Farben bemalt; Regen und Wind haben ſein edles Antlitz entfärbt, und dennoch haben ſie ſeine Schönheit nicht entführen können.

Gebirge, Ebenen, Meer und Inſeln nähern und verbinden ſich in Griechenland in fortwährender Umarmung; entfernt Euch von den Geſtaden, ſuchet die höchſten Gipfel oder die geheimſten Thäler auf; Ihr glaubt das Meer entfernt, aber blicket auf, und Ihr ſeht es zu euren Füßen. Als wir eines Tages bis in die Tiefen der Schluchten hinabgeſtiegen waren, in denen Phyle, die Feſtung des Thraſibulos verſteckt liegt, glaubten wir gewiß, in einem Gürtel von Bergen eingeſchloſſen zu ſein; plötzlich aber zeigte uns ein zwiſchen zwei Wolken durchdringender Sonnenſtrahl öſtlich die gegen den Hymettos ſanft verlaufende Ebene von Athen, und ſüdlich durch eine Spalte des Aegaleos einen blauen Streif des Meerbuſens von Eleuſis, der zwiſchen den

Digitized by Google

Felſen hindurch wie ein herabgefallenes Fragment des Himmelsgewölbes erſchien. Es gibt keine Provinz, wo ſich dieſe belohnenden Perſpektiven nicht öfters zeigen. In Attika allein dehnen ſich drei wundervolle Landſchaften in ähnlichen Situazionen mit derſelben und immer neuen Verſchiedenheit aus. Die Ebenen von Athen, Marathon und Eleuſis erſtrecken ſich auf gleiche Art zwiſchen einem Amphitheater von Bergen und einem regelmäßig abgerundeten Golf, deſſen Horizont von einer Inſel mit bald harten, bald weichen und lachenden Formen gehoben und belebt wird. Athen blickt auf Eleuſis, Marathon auf Euböa, und gegenüber der Ebene von Thria, die von der eleuſiniſchen Ceres befruchtet wurde, zeichnet das unfruchtbare, aber glorreiche Salamis über dem Meere ſeine kahlen und röthlichen Bergſpitzen gegen den Himmel ab. Die Waſſer von vier kleinen Flüſſen ſchlängelten ſich ehemals durch dieſe Gegenden; aber Krieg und Menſchen haben die leider ſehr zerbrechlichen Urnen gebrochen, und ſeitdem fehlt den Landſchaften, die Gott ohne Fehler erſchaffen, ein Charakterzug. Der eleuſiniſche Kephiſſos und der Ilyſſos ſind ausgetrocknet; der Charadros, welcher von Aphidna gegen Euböa ſich hinabſenkt, kennt kein anderes Murmeln mehr als das ſeines Namens. Nur der athenienſiſche Kephiſſos, welcher jeden Augenblick ſein ausgehöhltes Bett, ſeine Schildkröten und das Schilfrohr ſeiner Ufer verläßt, um unfreiwillig in enge ſteinerne Röhren geleitet zu werden, ſetzt noch einige Tropfen auf einem veränderten Boden ab, und legt in ſeinem Laufe noch hie und da den Keim zu einigen Blumen und Sträuchern.

Dieſe reizenden Ebenen ſind dem Auge ſo verſchloſſen, daß ihre Nähe durch nichts verrathen wird; indeſſen ſenken ſich die Bollwerke, welche ſie bilden und trennen, ſtellenweiſe; Engpäſſe, wohin die Bewegungen des Terrains von ſelbſt führen, vermitteln die Verbindung zwiſchen ihnen und geben dem Lande einen ihm eigenthümlichen Charakter der Einheit. Jene geräumigen Thäler, jene Keſſel, um welche Hügelketten gelagert ſind, erſcheinen wie die Gemächer einer gut eingerichteten Wohnung; der Reiſende findet ſich ohne Mühe darin zurecht; ſie ſind, wenn man will, ein Labyrinth, jedoch ein Labyrinth, in welchem der leitende Faden ſtets zur Hand iſt. Die heilige Straße führt von dem Olivenwalde von ſelbſt nach dem Berge Ikaros, der mit dem Korydallos das myſtiſche Defilé von Daphne bildet. Der Parneß und der Pentelikon trennen ſich bei Kephiſſa, um uns den Weg nach Marathon und Chalkis zu öffnen. Im Peloponnes führen uns die Derwenaki des Tretos und ſein Bach durch einen Wald von Myrthen und Oleander bis auf die Felder von Nemea, wo ſich der getheilte Fußpfad in unbeſtimmte Räume verliert; wozu wäre letzterer aber auch nothwendig? Die Pyramide von Akrokorinth ſteigt im Norden wie ein ferner Leuchthurm in die Lüfte und zeigt uns den Weg durch die engen und ſteinigen Paſſagen, die ſich vor dem Meere der Alkyonen in den Weingärten von Korinth wieder öffnen.

Die Umriſſe der Gebirge, das ſich am Himmel abzeichnende Profil der Landſchaft ſind in Griechenland im Allgemeinen rein und beſchreiben große anhaltende Linien, deren harmoniſche Bewegungen den Geſetzen einer geheimnißvollen Architektur zu folgen ſcheinen. Die aufrichtigen Bewunderer ſind darüber ſo erſtaunt, daß ſie dieſen Linien einen wirklichen Einfluß auf die Kunſt zuſchreiben und dann die getreue Reprodukzion derſelben in der Geſtalt der Monumente wiederfinden wollen. Der Fronton des Parthenon hat ſo viel Aehnlichkeit mit dem Pentelikon! Das gebrochene Dreieck über der Thüre des Schatzhauſes vom Agamemnon in Mykenä wiederholt ſo genau die Spitzberge der Gegend! Dieſe Aehnlichkeiten ſind vorhanden, das iſt nicht zu läugnen; was folgt aber daraus?... Laſſen wir jedoch dieſe Spiele des Witzes bei Seite. Die griechiſche Kunſt fand ihr Vorbild nicht in der Geſtalt des Landes, ſondern in ſeinem Ausdruck; wenn ſie den Körper betrachtete, ſo wollte ſie nur ſeinen Geiſt durchſchauen, und dieſes Geiſtes bemächtigte ſie ſich, machte ihn zu dem ihrigen und hauchte ihn dann in einen neuen Körper, ſchön, wie der frühere, obwohl von einer minder vollendeten Schönheit und mit einem andern Antlitz. Ein ſolches iſt das Verfahren des Genies, es bildet und belebt, wie Prometheus; aber was es dem Himmel entführt, iſt nicht der Thon, ſondern das Feuer, und wenn es, ſich an dem göttlichen Werke begeiſternd, die Plaſtik, ohne ſie zu kopiren, zum Spiritualismus erhoben, ſo geſchieht es, daß Natur und Monumente wie zwei Kopien ein und deſſelben ewigen Vorbildes erſcheinen, die eine aus Gottes Hand, die andere aus der Hand des Menſchen hervorgegangen.

Auf ſolche Art iſt bei den Griechen jene Mannigfaltigkeit, die uns in der Landſchaft entzückt, in

Digitized by Google

die Werke der Kunſt mit ihrem entgegengeſetzten Charakter von Maß und Ueberſchwenglichkeit übergegangen. Die griechiſchen Tempel haben verſchiedene Dimenſionen, nicht weniger Mannigfaltigkeit zeigen ſie in ihrer Geſtalt. Auf der Akropolis allein ſtehen drei Tempel, ohne die Propyläen zu rechnen; man findet an denſelben die beiden Hauptordnungen, die doriſche am Parthenon, die ioniſche am Niketempel und am Erechtheion, und an letzterem zwei Ordnungen zugleich, wenn man die liebenswürdigen Kanephoren der Minerva Pandroſos zu einer beſonderen Ordnung rechnen will. In der Skulptur der Tempel, der einzigen, von der in Griechenland einige merkwürdige Reſte übrig geblieben, haben die Mannigfaltigkeit, der Reichthum, der Luxus ſelbſt der geiſtreichſten und eleganteſten Ornamentik keine andere Grenze gekannt, als die des Geſchmackes ſelbſt. Was die menſchliche Geſtalt betrifft, ſo zeigt ſie ſich dreimal am Partheuon: am Fries, im Frouton und an den Metopen, und jedesmal mit Verſchiedenheiten im Relief, in den Dimenſionen und in der Stellung. Und um den ganzen Werth dieſer beſonnenen nnd maßhaltenden Mannigfaltigkeit zu fühlen, darf man ſich nur der ägyptiſchen Tempel erinnern, ihrer von Hieroglyphen ſtrotzenden Pylonen, ihrer ſtämmigen Säulen, deren tauſend Launen der bizarrſten Zeichnung nicht hinreichend ſind, die monotone Schwerfälligkeit zu mildern; ſo weit iſt es vom Mannigfaltigen bis zu dem Vielfachen entfernt.

Dieſelbe Entfernung liegt zwiſchen der ägyptiſchen Einförmigkeit und der griechiſchen Einheit; die erſtere ermüdet die Aufmerkſamkeit, die andere unterſtützt ſie, indem ſie nur Gegenſtände bietet, bei denen alle Elemente in Verbindung ſtehen und ſich wechſelſeitig rechtfertigen; es ſind die Glieder ein und deſſelben Weſens, und eines harmoniſchen und wohlgeſtalteten Weſens; die gegenüberſtehenden Theile ziehen ſich ohne Zwang und Beengung durch einen aus dem Innern hervorgehenden Einklang gegenſeitig an, und ſympathiſiren miteinander. Erhebt ſich das Monument, ſo wächſt alles an ihm zu gleicher Zeit und im Einklang; Säulen, Architraven und Frontons; ſo wachſen ſchöne Kinder und ſchöne Bäume; ſo wuchſen ohne Zweifel die ſchönen Gebirge zu einer Zeit, wo die Erde im Streben nach ihrer letzten Geſtalt ſich vollendete in dem langſamen Laufe von Jahrhunderten, und ſich vorbereitete, den Menſchen zu empfangen. Schließt ſich im Gegentheil das Gebäude, ſo reducirt ſich alles nach einer ſtrengen Proporzion, deren Geſetz die moderne Wiſſenſchaft noch nicht auffinden konnte, obwohl ſie ihr Daſein wohl kannte und ihren Effekt laut anerkannte.

Trotz eines ſehr verbreiteten Vorurtheils kennt die griechiſche Kunſt die Symmetrie nur unter der Bedingung, daß ſie ſich frei nnd mit Leichtigkeit bewegen darf. Das Erechtheion iſt ein Tempel mit zwei Kapellen von ungleicher Größe und ohne Aehnlichkeit. Der Betrachter, der, gegen das weſtliche Bollwerk der Akropolis gelehnt, gerade vor ſich hin ſieht, erblickt den kleinen Tempel der ungeflügelten Viktoria, wie er über das Dach der Pinakothek, den Firſt der Propyläen hinausragt und den Fronton des Parthenon maskirt. Iſt das Zufall oder Unachtſamkeit? Keines von beiden! Die Symmetrie iſt rein und allein Sache der Geometrie, die griechiſche Kunſt aber läßt ſich nur von Verhältniſſen moraliſcher oder lokaler Schicklichkeit beſtimmen. Dem Erechtheion wurde ſeine Stelle durch die religiöſe Tradizion beſtimmt, welche gerade hierher den Schlag des neptuniſchen Dreizacks und den Oelbaum der Minerva verlegte. Der Tempel der Viktoria Apteros iſt ein Denkmal des Todes des Aegeos, und heiligt den Felſen, von wo er ſich herabſtürzte.

Iſt die Tradizion ſtumm, dann wendet ſich die griechiſche Baukunſt an die Natur. Es war nicht genug, ihr eine erſte und große Verehrung dadurch zu zollen, daß man ſich ihre weſentlichen Eigenſchaften aneignete; die Griechen haben noch auf andere Art den Beweis geliefert, bis zu welchem Punkte ſie deren Prozeſſe verſtanden und ihre Zwecke ihren Geiſt ahnten. In einem Lande und wo einige Jahre und ein wenig Pulver hinreichten, den Berg Anchesmos in die Luft zu ſprengen und ihn von der Landkarte zu vertilgen, war es leicht den Boden zu bezwingen. Alexander hatte indeſſen ſo viel richtigen Sinn, nicht auf Straſikrates zu hören, der ihm vorſchlug, dem Berge Athos eine menſchliche Geſtalt zu geben. Ein ſolcher Plan war ſchon ein Zeichen des Verfalles; in der guten Zeit hatte man der Art nichts, denn die menſchliche Thätigkeit dachte nicht daran das Werk des Schöpfers umzumodeln, ſie wollte es bloß vollenden.

Die Natur hatte in Griechenland, wie um die Kunſt zu verſuchen, Grundmauern, Piedeſtals, Sockel mancher Art hervorgebracht; die Kunſt trat auf, und

Digitized by Google

was dem Erdboden fehlte, fügte ſie hinzu. Der Felſen von Sunion war ohne Firſt; Phidias verlieh ihm denſelben, und es ſteht dorten der Tempel der Minerva Sunias, der Euch ſchon von Ferne Bewunderung entlockt. Ohne den Parthenon hätte die Akropolis von Athen eine Krone weniger. Wählt von den 20 ſchönen Hügeln Aegina's den edelſten aus, und Ihr habt das Panhellenion. Verliert ſich der Boden im Thale, ſo folgt die Kunſt ſeinen Schritten, rundet ihn ab zu Sitzſtufen und erbaut eine Bühne. So ſah der Athenienſer von der Mauer des Themiſtokles am Ilyſſos hinab zu ſeinen Füßen in einer Entfernung von zwei Pfeilſchüſſen getrennt das Theater des Bakchos, wo Sophokles aufgeführt wurde, und das Odeon des Perikles.

Von Stufe zu Stufe gelangte die Kunſt in die Ebene. Ein großartiger Raum dehnt ſich aus zwiſchen dem Hymettos, der Akropolis, dem Ilyſſos und dem Meere; die griechiſche Kunſt bemerkt dieſen Raum, mißt ihn und bemächtigt ſich ſeiner. Sie bedeckt ihn mit einem ungeheuern Tempel, der die Ebene hebt, in der Leichtigkeit ſeines Stils mit dem Parthenon wetteifert und ſeine korinthiſchen Säulen über die Küſte und das weite Meer verlängernd erſt mit dem Blau des Himmels dieſelben ſchließt.

Erwägt man dieſe innige und vollendete Harmonie zwiſchen Kunſt und Boden, ſo gelangt man ohne Mühe zu dem Schluſſe, daß in Griechenland die Kunſt die Natur reflektirt, überſetzt und ſie zuweilen fortſetzt, und daß ihrerſeits die Natur die Kunſt erklärt, ſie kommentirt und ihr Geltung verſchafft, ſo daß jede von beiden, ohne die andere, nicht mehr dieſelbe Bedeutung, nicht mehr denſelben Werth hat. Dieſer Schluß gibt uns einige Winke, welche die Kunſtler wohl in Erwägung ziehen mögen: erſtens, die würdigſte und ehrenhafteſte Art, ſeine Liebe für die griechiſchen Monumente zu zeigen, iſt die, ſie mit ihren Ornamenten ruhig in Griechenland zu laſſen; zweitens, Niemand kann behaupten, ihren Geiſt durchdrungen zu haben, der nicht ſein Land verlaſſen hat, um ſie unter ihrem Himmel und auf ihren Bergen zu ſtudiren; drittens, daß eine genaue Nachahmung der in Athen und ganz Griechenland auf ſo glückliche Weiſe fruchtbaren antiken Architektur anderer Orten nur Unſinn gebären kann.

Es iſt nicht nöthig, Architekt, Bildhauer, Maler oder Alterthumsforſcher zu ſein; es genügt, Menſch zu ſein, um aus einem direkten Verkehr mit dem alten Griechenland die ſchönſten Früchte zu ernten. Der Anblick ſolcher unvergleichlicher Vollkommenheiten, die ihre Haupturſache in dem Gleichgewichte und der Harmonie der entgegengeſetzteſten Verdienſte fanden, dieſer wohlthuende Anblick kann wirkſam dazu beitragen, uns von unſerem Geiſtesfieber zu heilen, das auf andere Art verderblich iſt als das des Körpers, und uns den heilſamen Widerwillen gegen Alles einzuflößen, was Emphaſe, was Deklamazion, was häßlich, was falſch iſt. Und läßt ſich ſo etwas zu theuer bezahlen? Derjenige, dem ſein Umgang mit Phidias und Iktinos dieſe Früchte getragen, wird gewiß mit Dankbarkeit der Hellenen gedenken, deren kindliche Pietät das Heiligthum der Kunſt wiedergewonnen und gereinigt hat.

Je älter die Welt werden wird, deſto theurer werden ihr dieſe großen Ueberreſte des Alterthums werden. Mögen die Hellenen fortfahren, durch ihr Beiſpiel bei Gelehrten und Künſtlern dieſe fromme und geiſteshelle Liebe anzuregen; denn es iſt hier nicht allein von einer archäologiſchen Frage die Rede. Wie zu Sulla's Zeiten wachen die in ihren Werken gegenwärtigen Todten über den Lebenden, und in ſchlimmen Tagen werden ſie dieſelben noch beſchützen können. Es iſt für die modernen Griechen kein kleines Verdienſt, die Meiſterwerke, welche der menſchliche Geiſt kein zweites Mal wieder ſchuf, gerettet und wiederhergeſtellt zu haben. Die Zukunft wird ihnen Dank dafür wiſſen, daß ſie den Tempel der Viktoria wiedererbaut, das Erechtheion wieder aufgerichtet, die Propyläen gereinigt, das Olympion befeſtigt, den Theſeustempel mit merkwürdigen Fragmenten gefüllt, den Thurm der Winde und die Laterne des Demoſthenes frei gemacht, in den Provinzen bis zu den leiſeſten Spuren vergangener Jahrhunderte geforſcht, endlich dem Parthenon ſeine Geſtalt beinahe wiedergegeben zu haben. Bei ſolchen Wächtern droht keine Gefahr mehr dem alten Griechenland, dieſem Muſeum von Tempeln und Portiken, das der ganzen Welt gehörte und das die ganze Welt hätte achten ſollen. Ich wenigſtens werde mich ſtets mit innigem Dankgefühle gegen die Urheber dieſer frommen Reſtituzionen der langen in fruchtbarer Muße am Fuße der Säulen verlebten Stunden, jenes erſten und belebenden Hauches des Seewindes, der mir mit der Friſche der nahen Golfe die zarten Wohlgerüche der Ebene auf ſeinen Flügeln zuführte, jener Nächte,

Bayerische Staatsbibliothek München
Digitized by Google

beſonders jener himmliſchen Nächte erinnern, wo der Mond, noch vom Hymettos verborgen, mit der Klarheit ſeines Glanzes nach und nach den gebrochenen Firſt des Frontons erhellte. Wie möchte man jener ſchönen Orte vergeſſen, die, nachdem ſie den Geiſt zu ſich hingezogen, ſich auch des Herzens bemächtigen und es mit innigen Banden umklammern? Von allen denen, die Gefühl für Alterthum und Kunſt haben, bewohnt ſie keiner, ohne ſie zu lieben, wie man ein wiedergefundenes Vaterland liebt, und verläßt ſie keiner ohne Klage, wie man ein verlornes Vaterland beklagt.

I. Die Propyläen.

(Nebſt einer Anſicht von dem gegenwärtigen Zuſtand derſelben auf Blatt **614**).

Im Monat Auguſt des Jahres 1656 ſchlug während der Belagerung der Venezianer der Blitz in die Akropolis, wodurch die Propyläen in die Luft geſprengt wurden, nachdem ſie den Türken zum Pulvermagazin gedient hatten. Die Barbaren beklagten nur ihre offene Citadelle und ihr zerſtörtes Arſenal; was das Werk des Mneſikles ſelbſt betraf, das einzige Werk des Alterthums, das bis dahin war gerettet worden, ſo war ihnen der Name und die Exiſtenz desſelben ganz gleichgiltig. Der Aga Juſſuf bewohnte auf der Hauptkolonnade eine von Holz und Erde errichtete Baracke, und der Reſt des Gebäudes verſchwand beinahe ganz unter andern plumpen Bauwerken. Die Natur, von der Unvorſichtigkeit der Menſchen unterſtützt, zerſtörte in einem Momente dieſe erbärmlichen Hütten und das Meiſterwerk der Baukunſt, das ſie bedeckten.

Was von den Propyläen noch übrig geblieben, iſt hinreichend, um einen Begriff von ihrem Zweck und ihrer ehemaligen Pracht zu erhalten. Die von einem auf allen Seiten ſteil abfallenden Felſen gebildete Akropolis war mit Mauern, die auf den Rand des Abhanges gebaut waren, umgeben, und nur von einer einzigen Seite zugänglich. Dieſe Mauern zeigten die Form eines länglichen Ovals in der Richtung von Oſten nach Weſten, und der zur Citadelle hinauf führende Weg endigte, nachdem er auf dem Abhange des Felſens eine Wendung gemacht, an dem weſtlichen Ende der Plateform, angeſichts der Pnyx und dem Felſen des Areopagos gegenüber. Dort erheben ſich die Propyläen. Auf einem geneigten Terrain waren Subſtrukzionen errichtet, welche mit breiten Platten weißen Marmors bedeckt waren und die Form eines Vierecks mit vorſpringenden Flügeln auf der rechten und linken Seite zeigten. Das Hauptviereck wurde auf beiden Seiten von parallelen Marmormauern geſchloſſen und durch eine dritte Quermauer mit 5 Thoren in zwei ungleiche Theile geſchieden. Das Hauptthor iſt das größte, und mit einem einzigen Blicke überſehen, bilden dieſe fünf rechts und links kleiner werdenden Eingänge der Citadelle ein harmoniſches Ganze. Unter dem Mittelthor führt der ſteile Weg hinein, von welchem wir ſprachen; der einzige, durch den es möglich iſt in die Feſtung einzudringen. Er theilt die vordere Halle der Propyläen in zwei ſymmetriſche Theile und bildet folglich zwei Veſtibule unter einem und demſelben Dache. Beide Veſtibule zuſammen machten eine Art von offenem Portikus aus mit ſechs großen doriſchen Säulen an der Faßade und einem Gang von ſechs joniſchen Säulen im Innern. Derjenige, welcher dem Wege zwiſchen der Citadelle folgend zwiſchen den Säulen der Faßade und den ſechs Säulen joniſcher Ordnung durch- und durch das Hauptthor einging, befand ſich dann in einem neuen Portikus, der wie der vordere in zwei Veſtibule getheilt war und wie dieſer an der Faßade eine Reihe von ſechs doriſchen Säulen, jedoch ohne joniſche Säulen im Innern hatte. Außerhalb ſprangen die beiden Flügel rechts und links vor und ſetzten die doriſche Kolonnade der Propyläen in den Hintergrund. Der eine wie der andere war auf der vorderen Seite mit einer Ordnung von drei doriſchen Saulen geſchmückt. Der linke Flügel, welcher die Pinakothek genannt wurde, beſtand aus einem Veſtibule und einem inneren Saal, zu dem man durch eine von zwei Fenſtern flankirte Thür trat. Der rechte Flügel war nur eine einfache auf drei Seiten geſchloſſene Galerie, geſchmückt mit einer Ordnung von drei doriſchen Säulen, welche mit den Säulen des gegenüber liegenden Flügels korreſpondirten *).

*) An der Hinterwand dieſer Galerie ging eine Thür auf eine kleine vorgeſchobene Plateform hinaus, wo man die Ueberreſte eines Altars findet. Bei den Ausgrabungen des Jahres 1835 wurde dieſer ſchmale an die Plateform des kleinen Tempels der ungeflügelten Viktoria anſtoßende und durch die noch beſtehende kyklopiſche Mauer außerhalb des umſchloſſenen Raumes der Akropolis geſetzte Raum entdeckt.

Digitized by Google

So war das Ganze der athenienſiſchen Propyläen geſtaltet. Vor der Exploſion von 1656 war der rechte Flügel bereits unter dem ungeheuern venezianiſchen Thurm, der ihn bedeckt, verſchwunden. Nach der Exploſion exiſtirten die Frontons der Pinakothek und das Hauptgebäude nicht mehr; die Balken von pentteliſchem Marmor, welche die Säulen miteinander verbanden, lagen zerbrochen oder verſtümmelt auf dem Boden; die Kapitäle und der obere Theil der Säulen waren unter den Trümmern verſchwunden, und als die Exploſion vergeſſen war und der Schrecken ſich zerſtreut, bauten die Türken ſorglos ihre Häuſer wieder auf und verſteckten die glänzenden Marmorwerke des Muſikles unter dem getrockneten Schlamm. Der linke Flügel wurde von der Zeit und den Barbaren mehr verſchont; die elegante Kolonnade der Pinakothek hat nichts gelitten; kaum haben einige Säulentambours, die mit der ganzen antiken Vollkommenheit übereinander geſetzt und zuſammengeſchliffen waren, der Wirkung der Jahrhunderte und der Wurfgeſchütze, welche mehr als einmal alle dieſe Monumente erſchütterten, nachgegeben. Endlich hat die Wiederkehr der Freiheit für die Kunſt Griechenlands eine neue Aera vorgezeichnet; während der Eifer des griechiſchen Volkes und die begeiſterte Liebe Europas für das ſchöne Alterthum die Säulen des Minerventempels wieder aufrichteten, oder die wankenden Mauern desſelben wieder befeſtigten, warf man ebenfalls die Erde und Schutthaufen, welche die Propyläen bedeckten, in die Ebene hinab; und wenn die Pinakothek keine Gemälde mehr von Zeuxis und Polygnotes enthält, ſo dient ſie doch wenigſtens zum Aufbewahrungsort ihrer eigenen Trümmer.

Die allgemeine Dispoſizion dieſes dreifachen Monumentes war dem Gebrauche, für den es beſtimmt war, angepaßt. In Folge einer eigenthümlichen Vertheilung der Gebirge gab die Natur dem griechiſchen Boden eine ganz beſondere Konfigurazion, welche man nirgend anderswo findet. Während der letzten Revoluzionen der Erde gebildet, gleicht dieſes kleine Land von jüngerem Urſprung als die großen Kontinente der übrigen Welt dieſen wenig, weder in ſeinen inneren Eintheilungen, noch in ſeiner Figur, welche es mitten im Meere bildet; es ſcheint, als ſeien in dieſem Theile der Erdkugel die feſten Schichten gleichmäßiger ſchwach geweſen, als in den benachbarten Regionen der drei Kontinente; es haben ſich hier Gebirge erhoben, die ſich nebeneinander lagerten und eine größere Höhe haben, als ſich auf den erſten Anblick mit der geringen Ausdehnung des Landes zu vertragen ſcheint. In Folge dieſer plötzlichen und beinahe vulkaniſchen Erzeugung des Landes haben die Gebirge, wie in Italien der Veſuv oder der Monte Nuovo, ſteile Abhänge erhalten und gewiſſermaßen ihren Fuß in das Meer geſetzt, anſtatt daß ſich an ihrer Baſis weite Ebenen ausbreiten und einige ſolcher großen Becken bilden, wovon uns Aſien und Amerika Beiſpiele liefern. Wenn man die Pindoskette ausnimmt, durch die es ſich an das nördliche Feſtland anſchließt, ſo beſteht Griechenland aus Gebirgen, die voneinander getrennt und ſehr ungleich an Höhe ſind; hierbei iſt aber von den Inſeln des ägäiſchen Meeres und von den joniſchen Inſeln keine Rede, welche gewöhnlich eine auf dem Feſtlande ſich oft wiederholende geologiſche Form und Kompoſizion zeigen, und wie Gebirge erſcheinen, die ſich mitten ins Meer verloren haben. Im Hintergrunde eines jeden Golfes des Peloponnes und des Hellas breitet ſich eine kleine, einige Stunden lange Ebene aus, die in geringer Höhe über dem Meeresſpiegel liegt und von einem Gürtel großartiger Gebirge umſchloſſen iſt; auf dieſer ebenen Fläche erheben ſich ein oder mehrere Hügel von ähnlicher Bildung wie die benachbarten Gebirge, und faſt immer mit einer Kalkmaſſe bedeckt. Wie im Abendlande die Lehensherren ihre feſten Schlöſſer auf ſteilen Höhen erbauten, ſo ließen ſich die alten Bewohner Griechenlands von ein und derſelben Familie und demſelben Stamme auf dieſem ſterilen Felſen mit ihren Göttern und ihrer Habe nieder, und gaben ihrer gemeinſchaftlichen Wohnung den Namen Stadt (πόλις); eine an den Abhang geſtellte Mauer bildete den Umfang derſelben. Später vergrößerte ſich die Stadt rings herum und erſtreckte ſich in die Ebene hinab, und von nun an wurde der Felſen die obere Stadt oder Akropolis genannt. Da wo mehrere Akropolen in einer Ebene zuſammenkamen, unterjochte der ſtärkere Stamm den ſchwächeren, bis er, Meiſter des ganzen Landes geworden, daran dachte, über die Berge zu ſteigen und ſich der daran anſtoßenden Ebene zu bemächtigen. Auf ſolche Art vernichtete Argos Mykenä und Tirynth, welche durch kein Hinderniß geſchieden waren; die Athenienſer umgingen den Hymettos und dehnten ihre Eroberungen bis zum Meere von Euböa aus; die Akropolis von Eleuſis hatte nacheinander die Beſtürmun-

Digitized by Google

gen der Athenienſer und Megarenſer auszuhalten; Meſſene fiel unter das Joch von Sparta; Platäa hatte ungeachtet der Götter und der geſchwornen Treue keine größeren Feinde als die Thebaner es waren. Die ganze alte Geſchichte beweiſt uns, daß jede der griechiſchen Akropolen als eine Stadt zu betrachten war, daß die Umfangsmauer der Akropolis die Umfaſſungsmauer der urſprünglichen Stadt iſt, und daß die Propyläen der Haupteingang zu derſelben ſind. Da die Akropolis von allen Seiten ſteil abfällt und nur einen zugänglichen Punkt hat, ſo mußten die Bewohner ihre ganze Aufmerkſamkeit auf dieſe Seite richten und den Eingang der Art anlegen, daß er im Frieden leicht zugänglich, zur Zeit des Krieges aber leicht zu vertheidigen war. Nachdem der hinaufſteigende Feind die ſenkrechten Felſen zu ſeiner Linken hatte, wendet er ſich plötzlich, um ſich unter dem Tempel der ungeflügelten Viktoria ſeinem Ziele zu nähern, und läßt ſeine rechte Flanke, welche der Schild nicht bedeckt, ungeſchirmt; bei weiterer Annäherung wird er mit den Pfeilen und Wurfgeſchoſſen empfangen, welche die unter den Säulen der Pinakothek und der andern Galerie aufgeſtellten Soldaten auf ihn herabſchleudern. Verfolgt er dieſen erſten Weg, ſo muß er ſich bei dem Hauptgebäude der Propyläen in ein Gefecht einlaſſen, und in dem von der doppelten ioniſchen Kolonnade eingefaßten Hohlweg einen ungleichen Kampf beginnen, indem er ſich auf beiden Flanken angegriffen ſieht; dort ſtellen ſich ihm fünf Züge Kämpfer gegenüber, während ihm das Hauptgebäude den Durchgang durch das große Thor verſperrt; die Vertheidiger der Citadelle können durch die vier Seitenöffnungen in die beiden Flügel der Propyläen gelangen, dort ihre Gefallenen erſetzen, und den Kampf ohne Unterbrechung fortführen. Selbſt wenn der Feind die Thore erobert haben ſollte, ſo wird er noch auf der Plateform kämpfen und ſich einer zu ſeinem Empfang bereit ſtehenden Armee gegenüber in Schlachtordnung ſtellen müſſen.

Die Exiſtenz der Propyläen von Athen iſt keineswegs eine in der griechiſchen Geſchichte allein ſtehende Thatſache; es gab ſolche Gebäude auch zu Eleuſis, welche nach denſelben Verhältniſſen, nach demſelben Plan, und mit demſelben Reichthum ausgeführt waren wie die von Athen. In Megaris, Korinth, Argos, überall wo ſich eine mit Bollwerken umgebene Akropolis befand, wurde der Haupteingang durch vorgeſchobene Plateformen vertheidigt, die den Namen Propyläen führten, um welche Soldaten geſtellt wurden; in Mykenä ſelbſt, das in der auf den trojaniſchen Krieg folgenden Periode zerſtört wurde, war der Haupteingang der oberen Stadt mit Vertheidigungswerken umgeben, und das Löwenthor, vor dem noch ein Weg liegt, der links von ſenkrechten Felſen, rechts von ſtarken Mauern begrenzt wird, iſt vielleicht nichts als das Thor der antiken Propyläen. Wie dem nun auch ſei, das was am meiſten unſere Aufmerkſamkeit auf ſich ziehen muß, iſt der Luxus, mit dem man dieſe militäriſchen Werke dekorirte, welche bei ihrer Lage dazu beſtimmt waren, oft ein Schlachtfeld zu ſein. Heutigen Tages würde man mit vollem Rechte eine Verwaltung für unſinnig halten, welche zerbrechliche Kolonnaden und geſchliffene Marmorwände den Bomben und Kugeln des Feindes entgegen ſetzen wollte; die Propyläen von Athen widerſtanden den Kanonen der Türken und Venezianer nicht; mehr als eine Kugel brach ſich an den gegen den Felſen angeſtoßenen Mauern; mehr aber auch als eine traf die Kannelirungen der Säulen und die Mauern der Pinakothek, und zertrümmerte dieſe koſtbaren Marmorwerke in Stücke. Es iſt wohl wahr, daß es den Alten an Zerſtörungsmitteln nicht gebrach, wovon uns die von Thukydides beſchriebene Belagerung von Platäa ein Zeugniß gibt, wo Mauer gegen Mauer errichtend die Thebaner brennende Holzbündel in die Citadelle warfen, welche ihren Angriffen widerſtand. Die Kriegsmaſchinen aber waren nicht ſo mächtig und nicht ſo mannigfaltig zur Zeit des Perikles, und gewöhnlich brach man die Mauern erſt dann ab, wenn ſie mit Sturm erobert waren. Uebrigens wirkten dieſe Maſchinen nicht von weitem wie die Kanonen; das ſpäter erfundene Wurfgeſchütz ſchleuderte Wurfſpieße oder Steine, und hatte nur gegen den Menſchen eine Gewalt; den Sturmbock mußte man in die Nähe der Mauern bringen, und zu ſeiner Aufſtellung den Boden ebnen. Die Propyläen hatten wegen ihrer Lage allein keine dieſer Maſchinen zu fürchten; auch ſehen wir, daß ſie den Wirkungen der Waffen wie der Jahrhunderte widerſtanden, und daß zu ihrer Zerſtörung die Kraft des Pulvers, angefacht von dem Blitze, erforderlich war.

Es konnte alſo dieſes Monument mit allem Luxus der antiken Architektur und Malerei ausgeſtattet werden; es konnte in ſeinen Mauern koſtbare und zerbrechliche

Digitized by Google

Gegenſtände, wie Statuen, Gemälde enthalten, ohne die Angriffe des Feindes fürchten zu dürfen. Und ſo konnten denn die alten Griechen ſelbſt ihren kriegeriſchen Bauwerken jene Schönheit und jene Anmuth verleihen, die ſie beſonders bei den Tempeln ihrer Götter offenbarten.

Aus dem Vorhergehenden erſieht man, daß die Propyläen ein Monument der bürgerlichen Architektur der Athenienſer ſind. Es iſt dies um ſo wichtiger zu bemerken, als geſchickte Alterthumsforſcher über dieſen Gegenſtand eine Meinung ausgeſprochen haben, welche wir als irrig betrachten. Leake, welcher über Athen ein gelehrtes Werk verfaßte, in welchem die Genauigkeit der Beſchreibungen nur durch die verſtändige und geiſtreiche Kritik der alten Schriftſteller erreicht wird, glaubt, daß die Propyläen von Athen gleichzeitig den Charakter der bürgerlichen und religiöſen Architektur haben; er begründet ſeine Meinung nicht durch das Studium des Monumentes, ſondern durch die Idee, daß, da die Akropolis zugleich ein militäriſcher Punkt und ein großes Sanktuarium der Gottheit ſei, die Propyläen, welche das Veſtibule davon ſeien, dieſe beiden Eigenſchaften haben mußten. Wenn es ſich um das Alterthum handelt, ſo darf man bei dem Studium deſſelben kein Vorurtheil haben, denn unſere Art zu denken iſt nicht die der Griechen, und wir urtheilen nicht ſo über die Kunſt wie ſie urtheilten. In dem Jahrhundert, in welchem die Propyläen erbaut wurden, war freilich die Philoſophie nicht hinter den übrigen Wiſſenſchaften zurückgeblieben, und wie die Poeſie und Beredſamkeit hatte ſie ſchon ihre großen Männer gehabt; wenn aber die Architekten aus der Zeit des Perikles zugleich Philoſophen waren, ſo darf man annehmen, daß das, was ſie von dieſer Wiſſenſchaft kannten, mehr dazu dienen mußte ihren Geſchmack zu läutern, als ihnen Theorien zu liefern, welche die Natur und die Eigenſchaften des Schönen berühren. Plato ſelbſt, der erhabenſte aller alten Philoſophen, welcher ſeine beſten Dialoge nur einige Jahre nach der Wiedererbauung der großen Monumente Athens ſchrieb, Plato hat keine Schrift hinterlaſſen, welche einer Abhandlung über das Schöne in den Werken der Kunſt gleicht; dennoch beſaß er mehr als irgend ein Menſch ſeit jener Zeit das Gefühl und die Liebe für das Schöne, er, welcher dafür hielt, daß das höchſte Glück in dem Anblick der vollkommenen Schönheit beſtehe; da er aber wohl wußte, wie ſchwierig es iſt zu erklären, worin die Schönheit eines Gegenſtandes beſteht, ſo gelangte er zu dem Reſultat, daß durch die Schönheit die ſchönen Gegenſtände ſchön ſind. In dieſem ohne Zweifel tiefen jedoch von aller Analyſe entfernten Urtheile reſumirt ſich alles, was die alten Griechen von Aeſthetik kannten. Es iſt daher nicht ſehr wahrſcheinlich, daß Phidias oder Iktinos vor dem Baue des Parthenon zuerſt den Entſchluß gefaßt hatten, ihrem Werke einen religiöſen Charakter zu geben, und daß Mneſikles im Gegentheil bei den Propyläen den bürgerlichen und religiöſen Charakter zugleich vereinigen wollte. In der Kunſt der Alten war weniger Metaphyſik und mehr Begeiſterung zu finden; die Natur war ihr Führer, und wir ſind es, welche in Folge unſerer Bewunderung einen Rückblick machen und es verſuchen, in ihren Werken die Urſachen, welche ſie uns als ſchön erſcheinen laſſen, uns ſelbſt zu erklären und ſie zu entdecken.

Es ſoll hiermit nicht geſagt ſein, daß die Künſtler des alten Griechenlands von ihrer Kunſt keine genaue und tiefe Kenntniß hatten. Von den erſten Verſuchen im Bauen, von den kyklopiſchen Mauern an bis zur Mauer der Pinakothek iſt es leicht, den verſchiedenen Veränderungen zu folgen, welche die Baukunſt zu erleiden hatte, eben ſo leicht, als die allmähligen Vervollkommnungen zu erkennen, welche Säulen, Gebälke, Frieſe, ſelbſt die Thüren der öffentlichen Gebäude Griechenlands ſeit der Zeit der Atriden bis zum Jahrhundert des Perikles erhielten. Die Wirkung war im voraus für die geringſten Ornamente berechnet, bei denen die Zartheit in der Ausführung der bei den Statuen und ciſelirten Vaſen gleichkam. Zwiſchen dieſer Korrektheit der Details und dieſem ſchwer zu befriedigenden Geſchmacke aber, welcher keine Unvollkommenheit duldete, und zwiſchen der philoſophiſchen Analyſe und Abſtrakzion, welche in einem großen Werke einen rein idealen Charakter entdeckte, liegt ohne Zweifel ein Abgrund.

Je mehr in den Werken der Kunſt das Bedürfniß der Schönheit und Anmuth bei den Künſtlern Griechenlands mächtig war, um ſo mehr ſcheinen die Theorien, von denen wir ſprechen, von dem antiken Geiſt entfernt zu ſein. Wir alſo, die wir nachkommen und die „Wiſſenſchaft aus der Kunſt“ machen, wie man nach Perikles und Demoſthenes die Rhetorik aus der Eloquenz ableitete, weit entfernt den Alten die Begriffe unſerer Zeit beizumeſſen, wir müſſen zuvörderſt ihre

Digitized by Google

Werke, die Gebräuche, unter denen ſie lebten und die Natur betrachten, welche ſie begeiſterte.

Wenn wir nun die Propyläen von Athen mit einem antiken Tempel vergleichen, ſo können wir zwiſchen beiden keine Aehnlichkeit finden. Das Weſentlichſte bei einem griechiſchen Tempel iſt vor allem der Naos, d. h. der geſchloſſene, dem Volke oft unzugängliche Raum, in welchem ſich der Gott oder die Götter befinden. Bei den Propyläen iſt nichts, was dem Naos gleicht, denn das Hauptgebäude beſteht aus einer einfachen Mauer mit 5 Thüren und einer Kolonnade hinten und vorn. Der Tempel, das Heiligthum der Gottheit, iſt dem erſten Beſten nicht geöffnet; die Prieſter allein und manchmal die Behörden haben das Recht darin einzutreten. Durch das große Thor der Propyläen dagegen paſſiren die Menſchen nicht allein zu Fuß, ſondern auch Reiter und Wagen; der rechte Flügel bildet eine einfache Galerie, die an der Seite nach dem Wege offen und von Soldaten und Bürgern beſetzt iſt; die Pinakothek oder der andere Flügel des Monuments, welcher aus einem Portikus und einem geſchloſſenen Saale beſteht, hat vielleicht einige Aehnlichkeit mit einem Tempel, iſt aber doch nur eine Gemäldegalerie und ſteht nicht unter dem Schutze einer Gottheit. Es liegt alſo in der allgemeinen Einrichtung des Gebäudes nichts, das an die Tempel der Götter erinnert; ferner bezogen ſich die verſchiedenen Theile des Tempels ſtets auf den Hauptgegenſtand, und wenn die Statue der Gottheit nicht geſehen werden konnte, ſo ſchilderten wenigſtens die außerhalb angebrachten Skulpturen dem Volke die Wohlthaten oder die Macht derſelben. Wir ſehen daher den Parthenon, den Theſeustempel, den Tempel der ungeflügelten Viktoria mit Basreliefs geſchmückt, deren Sinn leicht von allen zu verſtehen war. Nichts dergleichen an den Propyläen; alle äußeren Ordnungen der Säulen daſelbſt ſind doriſch, und von den zahlreichen Metopen derſelben hat keine eine Skulptur enthalten. Endlich hatten die Alten nicht wie wir einen einigen Gott, deſſen Weſen von den Einen wohl gekannt, von den Andern ſchlecht durchſchaut ſich allen Geiſtern mittheilen und jenem vagen Bedürfniß genügen konnte, das wir jetzt das religiöſe Gefühl nennen, das aber von der Religion weit entfernt iſt; es würde den griechiſchen Geiſt verkennen heißen, wenn man ihm dieſe unbeſtimmten Ideen und jene Phantome einer Urſache, die ſich von ſelbſt findet, zutrauen wollte. Im alten Griechenland hatte jeder Gegenſtand ſeine Form, ſeine Eigenſchaften und ſeine beſtimmten Attribute; nicht an Gott glaubte man, ſondern an Jupiter, an Minerva, an Venus. Derjenige, welcher die Götter und Göttinnen nicht als wahr anerkennt, glaubt nicht, welcher Religion er übrigens auch angehöre, an die Gottheit, und das große Verbrechen, deſſen man Sokrates anklagt, iſt das, die Religion ſeines Vaterlandes nicht als wahr anerkannt zu haben Man darf daher nicht behaupten, daß die Propyläen einen religiöſen Charakter haben, denn es würde augenblicklich die Frage entſtehen, wer war der Gott oder die Göttin, welche die Propyläen bewohnten *).

Dies ſind die beſonderen Gründe zu der Ueberzeugung, daß dieſes Monument durchaus kein heiliges Gebäude war, und daß, wenn man in der Akropolis Tempel und Statuen errichtete, dieſe nichts deſtoweniger eine Citadelle war, deren Eingang und Hauptbaſtion die Propyläen waren. Für diejenigen, welche Griechenland geſehen und es von dem Standpunkt des Künſtlers aus betrachtet haben, gibt es noch andere, allgemeinere und vielleicht überzeugendere Gründe, obgleich ſie weniger augenſcheinlich und ſchwerer zu ergreifen ſind.

Von allen Begriffen, welche ſich der menſchliche Verſtand zu eigen gemacht hat, iſt vielleicht der Begriff des Schönen derjenige, welcher am meiſten den Außendingen verdankt. Das Gute, als deſſen Glanz man oft das Schöne aufgeſtellt hat, und das ſich von dieſem auf eine noch auffallendere Weiſe unterſcheidet, begegnet uns hauptſächlich in den Handlungen der freien Weſen, und das menſchliche Bewußtſein reicht hin, uns den erſten Begriff davon zu geben; daſſelbe läßt ſich

*) Es gab einen Altar, der den Propyläen angehörte und bei den Ausgrabungen des Jahres 1835 entdeckt wurde; er ſtand aber außerhalb des Monumentes, und wurde ganz aus einer Nebenurſache errichtet. „Ein Arbeiter, der viel Geſchicklichkeit zeigte und ſich oben auf dem Gebäude befand, glitt aus und ſtürzte herab; der Fall war ſo fürchterlich, daß die Aerzte die Heilung des Unglücklichen für unmöglich erklärten. Perikles war über dieſen Unfall ſchmerzlich betrübt; da erſchien ihm die Göttin (Minerva) im Traume und theilte ihm ein Remedium mit, welches er anwandte und womit er den Kranken ſofort heilte. Dies war der Grund, warum Perikles eine bronzene Statue der Minerva Hygeia gießen und ſie in der Akropolis bei dem oben erwähnten Altar aufſtellen ließ.“ (Plut. Perikl. XIII).

Digitized by Google

von dem Wahren behaupten, weil es nur auf dem Urtheil beruht, das heißt auf der Thätigkeit der Intelligenz. Die Schönheit dagegen macht zugleich den glänzendſten Charakter der Dinge aus, und iſt das Liebenswürdigſte, was die Welt hat. Die Vernunft erkennt in der That bei ihrer Begriffsbildung des Vollkommenen, daß dieſes auch vorzugsweiſe das Schöne iſt, und durch ſie allein bilden wir uns den Begriff der höchſten Schönheit. Aber unſer Verſtand, welcher eben ſo wenig die Macht hat Begriffe zu ſchaffen, als unſer Wille die Macht hat Weſen zu erzeugen, erhebt ſich ſtufenweiſe von der Schönheit der körperlichen Dinge zu der der Handlungen und der Gedanken, bis er durch eine letzte Kraftäußerung der Vernunft die höchſte Schönheit ahnt, welche nur Gott angehört.

In Griechenland war es, wie bekannt zur Zeit des Perikles, in der Epoche, wo man alle Monumente Athens in neuer und ſchönerer Geſtalt umbaute, als Plato dieſen Lehrſatz aufſtellte, der heute noch ſo wahr iſt wie damals. Wenn unſer Ideengang und unſere Intelligenz eine ſolche iſt, daß wir von den ſchönen Formen, mit welchen die Natur geſchmückt iſt, auf andere noch ſchönere ſchließen können, ſo iſt die Folge, daß der Künſtler ſein Werk nach dem Bilde der Natur erſchafft, und daß er ihm eine Art von Schönheit verleiht, wie ſie der des von ihm bewohnten Landes konform iſt. In dieſem Sinne läßt ſich ſagen, daß die Kunſt eine Nachahmung der Natur iſt, wie ſich anderſeits auch wieder behaupten läßt, daß ſich die Kunſt von der Natur entfernt und ihr Ideal in der Vernunft findet, oder mit anderen Worten in dem Begriff der Gottheit ſelbſt. Die alten griechiſchen Künſtler, glücklicher als unſere, weil ſie die erſten waren und keine Vorbilder einer früheren Kunſt vorfanden, mithin das Privilegium der Originalität für ſich hatten, mußten von ihrem Vaterlande inſpirirt werden und ihren Werken die großen Charaktere ſeiner Natur wiedergeben. Wir haben an einem anderen Orte geſagt, wie das glänzende und farbenreiche Licht Griechenlands die Alten dazu bewog, ihre Tempel zu malen, während für unſere Augen die ſchönen Formen und der Glanz des Marmors zuerſt geeigneter ſchienen die Schönheit zu veranſchaulichen. Es iſt gleicherweiſe nothwendig, alles Kunſtvolle zu fühlen, was ſich in der Diſpoſizion dieſes Landes findet, alle Naturerſcheinungen daſelbſt zu beobachten und zu ſehen, in welchem Lichte ſich die geſammten Naturgeſetze darſtellen, welche einfach in ſich und für die ganze Welt gleich, in ihren Folgen aber nach Orten, Jahren und Jahreszeiten ſo verſchieden ſind. Nun aber liegt einer der auffallendſten Charaktere des griechiſchen Klimas darin, daß dort ſämmtliche Naturerſcheinungen klar, beſtimmt hervortretend, und wie getrennt voneinander ſind. Die Sonne ſteht noch tief unter dem attiſchen Horizont, und ſchon erſcheint ein weißes Licht zwiſchen dem Pentelikon und Hymettos; es vergrößert ſich, und bald zeichnen die die Tiefen der Luft durchdringenden Strahlen des Geſtirnes einen Regenbogen, welcher allmählig größer wird und ſich erhebt, und ſich zuletzt auf den fernen Ufern des Peloponnes an dem entgegengeſetzten Ende des Horizontes niederläßt. In dem Augenblick vergoldet die Sonne die Gipfel des Parneß und der Inſel Salamis; ſie ſteigt, der Schatten der Berge wird kleiner, und in kurzer Zeit ſteht die ganze Ebene im vollſten Lichtglanze. Dieſe beſtimmte Reihenfolge findet ſich in allen anderen Naturerſcheinungen wieder, und ſie zeigt dieſelben unſeren Augen in einer einfachen, reinen, immer gleichen Schönheit, deren Bild ſich unſerem Geiſte einprägt wie ein Typus, an dem er nichts mehr ändern möchte. Erhellt von einem ungetrübten Lichte, welches frei eine Atmoſphäre ohne Dünſte durchdringt, eingehüllt von einem Aether, welcher durchſcheinender als der Himmel unſerer Klimate, und weniger farbenbeladen als der rothe Himmel Aegyptens iſt, trennen ſich die Gegenſtände, ſelbſt die ferngelegenen, ſcharf voneinander und geben unſerem Geiſte nur klare unvermiſchte Bilder. Ein geiſtvoller Mann, geboren inmitten einer ſolchen Natur, von ihr genährt und gebildet, wird bei der Kompoſizion eines Kunſtwerks auf dieſes ohne Zweifel die nämlichen Eigenſchaften übertragen, welche er um ſich her glänzen ſieht. Kalte und feuchte Landſtriche, wo die Sonne nur die Erde ſtreift ohne ſie zu erhellen, wo die durch Flechten geſchwärzten Gegenſtände nur im Schatten erſcheinen und Schrecken einflößen: was werden ſie erzeugen, als jene grauenvollen Mythologien des Nordens, welche ſtrotzen von Gottheiten mit geheimnißvoller und beinahe übelwollender Gewalt, und von phantaſtiſchen Schöpfungen mit vagen und unbeſtimmten Formen ohne Grazie. Nichts iſt dem antiken Geiſte ſo fremd, als entgegengeſetzte und zueinander beziehungsloſe Gegenſtände in einer Schöpfung zu vereinigen. Es verräth ein ſchlechtes

Digitized by Google

Verständniß Griechenlands, wo alles klar und bestimmt ist, wenn man einem seiner größten Architekten den ganz modernen Gedanken zuschreiben will, als habe er einem profanen, allen Bürgern offenen Monumente, welches der Krieg mit Blut beflecken konnte, und das weder eine Gottheit noch Opfer haben sollte, den religiösen Charakter beilegen wollen.

Gibt es aber in den Propyläen nichts, was uns zu einem Irrthum über den Charakter ihrer Architektur verleiten könnte? Weit entfernt! Von allen Theilen, welche dieses Monument zusammensetzen, gibt es nicht einen, welcher sich nicht in allen griechischen Tempeln wiederfindet, und im Besonderen in allen Monumenten Athens. Von den Stufen, auf welchen sich die Säulenordnungen erheben, bis zu den Antefixen, welche das Dach bekrönten, trifft man kein Detail, welchem man nicht an dem Parthenon, am Theseustempel, zu Phigalia, Agrigent, Pästum und überall, wo die Griechen die dorische Architektur einführten, wieder begegnete; aber wie in einem Gemälde die Körper der verschiedenen Personen aus den nämlichen Theilen zusammengesetzt sind, obgleich ihr Ausdruck oft ein ganz verschiedener ist, und wie ein Maler mit Meer, Bäumen und Bergen eine schreckenerregende Natur eben so gut komponiren kann als eine reizvolle Landschaft, eben so hängt auch der Charakter der Monumente von der Anordnung ihrer einzelnen Theile ab. Es ist überdies ein Vortheil der griechischen und insbesondere der dorischen Baukunst, daß sie nur eine kleine Zahl von Elementen anwendet und doch, ohne sich je von der Einfachheit und der Proporzion zu entfernen, alle Ideen erreicht, welche sich durch diese Kunst ausdrücken lassen. Es ist wahr, daß bei den Griechen dieser große Vorzug nicht der Architektur allein zukam, sondern daß er sich in den Meisterwerken jeder Art der antiken Kunst findet; die Mittel, deren sich die griechische Skulptur bedient, sind nicht weniger einfach als diejenigen der Architektur, denn in der That, die Schönheit der antiken Statuen beruht weniger in der philosophischen Analyse der menschlichen Leidenschaften, welche jeden Zug des Gesichtes, jeder Bewegung des Körpers einen bestimmten und genau abgegrenzten Sinn verleiht, als vielmehr in dem allgemeinsten und zugleich einfachsten Eindruck der Gefühle und Gedanken; so sehen wir die antiken Gesichter nie, auch wenn sie Zorn und Verzweiflung ausdrücken, jene Regelmäßigkeit der Züge, jene Harmonie der Bewegungen, jene Proporzion in den Formen verlieren, welche einen Theil ihrer Schönheit ausmachen. Die griechische Kunst gleicht gewissermaßen den Masken der antiken Tragödie, welche, stets dieselben während des ganzen Verlaufs der Handlung, die einzelnen Personen wie eben so viele Charaktere im Kampf miteinander darstellten, und mit Unterdrückung der Varietät und Individualität an deren Stelle diese generellen Typen setzten, welche die Menschheit überall und immer hervorbringt. Dasselbe läßt sich von der Architektur sagen. Mit einer kleinen Anzahl von Elementen und stets analogen Formen stattet sie ihre Schöpfungen mit verschiedenen und beinahe einander entgegengesetzten Ausdrücken aus; mithin können wir daher, daß sich die nämlichen Theile zugleich am Parthenon und an den Propyläen finden, nicht den Schluß ziehen, daß diese beiden Monumente einen religiösen Charakter hatten; verhielte sich die Sache anders, so müßte man eben so gut sagen, die Arenen des Vespasian, weil sie aus drei übereinander stehenden griechischen Ordnungen zusammengesetzt sind, hätten einen religiösen Charakter, und das Palais von Rouen oder die gothischen Schlösser der Rheinufer wären Monumente gleichen Charakters wie die Kirche Saint-Ouen oder die Kathedrale von Straßburg. Die bürgerliche Architektur der Griechen ist wesentlich verschieden von ihrer religiösen Baukunst; der Parthenon ist ein Tempel, und die Propyläen sind der Eingang zu einer Citadelle. Der einzige Charakter vielleicht, der sich zugleich bei diesen beiden Monumenten findet, ist der, daß sie beide von größter Schönheit sind; die Schönheit des einen aber ist nicht die des anderen: und hierin herrscht ein größerer Unterschied zwischen ihnen, als zwischen dem Apoll vom Belvedere und der Venus von Milos. —

Wir kehren aber jetzt zu der Beschreibung des Monumentes zurück, von dem wir im Anfange dieses Aufsatzes nur eine leichte Skizze entwarfen. Es ist freilich schwierig und ohne Zweifel auch gewagt, durch Worte und die beiliegende den jetzigen Zustand der Propyläen darstellende Zeichnung (**Blatt 614**) ein Werk der Architektur zu beschreiben, das man nothwendig selbst vor Augen haben sollte, um es gehörig zu verstehen; indessen die allgemeinen Formen und die Elemente der Gebäude Griechenlands sind heut zu Tage so bekannt, daß das Wort weniger zur Beschreibung derselben

Digitized by Google

dient, als um vielmehr ihre idealen Charaktere hervorzuheben. Die Propyläen ſind vor allem ein doriſches Monument, wie der Parthenon und der Theſeustempel zu Athen; es war dieſer architektoniſche Stil bekanntlich der gebräuchlichſte in ganz Griechenland und allen Kolonien Kleinaſiens, Siciliens und des ſüdlichen Italiens; er war vielleicht mehr als jeder andere geeignet, Einfachheit und Erhabenheit zu vereinigen, und genügte daher dem griechiſchen Genie vor allen anderen. Die ioniſche Ordnung wurde an dem Aeußern der großen Architekturwerke weniger angewendet, ohne Zweifel weil ſie mehr Ornamente als die doriſche erheiſchte, und eines großartigen Effektes weniger fähig war. Was den korinthiſchen Stil betrifft, ſo kann man bemerken, daß er viel moderneren Urſprunges iſt, und daß, wenn er zur Zeit des Perikles bekannt war, er doch erſt ſpäter die großartigen Verhältniſſe des olympiſchen Jupitertempels annahm, und mit den übrigen rivaliſirte. Der Typus der griechiſchen Architektur iſt alſo im Doriſchen zu finden, und die hauptſächlichſten Vorbilder der doriſchen Ordnung in zwei verſchiedenen Arten ſind der Parthenon und die Propyläen.

Das religiöſe Doriſche des Parthenon ſtellt durch die Mächtigkeit ſeiner gedrängten und gegeneinander geneigten Säulen das Bildniß des ewigen Fortbeſtandes, das erſte Attribut der Gottheit dar. Das profaniſche Doriſche der Propyläen iſt auf eine ganz andere Art aufgefaßt; die ſechs Säulen des Hauptgebäudes ſind durch den in die Feſtung führenden Weg, der das Gebäude in der Mitte durchſchneidet und die Stelle einer Säule einnimmt, wie in zwei Gruppen getheilt; dennoch war der Architrav deshalb nicht unterbrochen, eben ſo wenig als die Triglyphenreihe, und über der ganzen Faßade erhob ſich ein Fronton ohne Skulpturen. Eine ähnliche Anordnung bemerkt man noch an dem doriſchen Monument, das man die Agorapforte nennt, auf dem Marktplatze des alten Athens ſtand und ſich noch in jenem Theile des modernen Athens befindet, den die Türken mit dem Namen Bazar belegten. Der Haupteingang der Tempel, hoch und ſchmal, obgleich breiter am untern Theil, nahm nur den Zwiſchenraum zweier Säulen ein und brachte keine Unterbrechung in dem Periſtyl hervor. Die doriſche Ordnung erforderte bloß, daß die vier Eckſäulen vor dem Centrum des Gebäudes näher zuſammengerückt waren, und das, was Vitruv eine unüberwindliche Schwierigkeit ſchien, wurde bei den griechiſchen Tempeln eine neue Schönheit. Dasſelbe Erforderniß ergab ſich bei den Propyläen; es war daher nothwendig, daß, während man die beiden mittleren Säulen der Faßade voneinander entfernte, die beiden äußerſten Säulen näher aneinander gerückt wurden. Aus dieſen verzweigten Schwierigkeiten ſchöpfte Mneſikles eine andere Anmuth; hätte er die Zahl ſeiner Säulen auf acht beſtimmt, ſo hätte er auf jeder Seite zwei gleiche Zwiſchenräume gehabt, welche dem großen Eingang in der Mitte und den beiden äußerſten Zwiſchenräumen näher gerückt, jenes harmoniſche Gefühl, auf das die Athenienſer ſo eiferſüchtig waren, beleidigt haben würde. Er reducirte ſie daher auf ſechs, und bildete auf dieſe Art fünf ungleiche Interkolumnien, mit der größeren in der Mitte und den kleineren auf den Ecken; während die beiden dazwiſchen gelegenen von mittelmäßiger und proporzionirter Größe ſind. Derſelbe Fall war es mit dem hinteren Periſtyl, welcher dem vorderen parallel liegt, jedoch auf einem höheren Terrain erbaut iſt. Zwiſchen beiden und mit den fünf Säulenweiten korreſpondirend öffnen ſich die fünf Thore, von denen oben die Rede war, und deren Größe nach den Seiten abnimmt. Quatremère de Quincy, der die Propyläen nicht ſah und ſie damals nur aus den alten Klaſſikern, ſo wie aus flüchtig unter den Augen der Türken vorgenommenen Meſſungen kannte, hat die Schönheit dieſer Ordnung beſonders hervorgehoben. Die Majeſtät und die Stärke der doriſchen Säule verbindet ſich durch das Auseinanderſtehen der Säulen und durch die geſchickte Anordnung der beiden Faßaden, welche, die eine von der andern durch die ungleichen Thore geſehen, mit ihnen eine vollkommene Harmonie bilden.

Es iſt uns unbekannt, von welcher Art die innere Ordnung des Opiſthodoms des Parthenon war; obwohl uns Alles zu dem Glauben führt, daß er aus vier ioniſchen Säulen beſtand, ſo kann man doch über ihre Schwellung und ihre Ornamentik nur Vermuthungen haben. Inmitten der Stürme, Exploſionen und der Angriffe, durch welche die Akropolis zerſtört wurde, wurde die innere Säulenordnung der Propyläen gerettet, und diejenigen, welche für die Schönheit empfänglich ſind, und einigen Werth auf die Werke des antiken Geiſtes legen, dürfen darüber erfreut ſein, weil

Digitized by Google

von allen inneren Säulenordnungen die ioniſche der Propyläen als die vollkommenſte betrachtet werden kann. Wir können hier die Säulen nicht beſchreiben, können aber behaupten, daß ſie, da ſie von der doriſchen Ordnung der Faßade durch keine Mauer getrennt waren, mit der Anmuth ihrer Baſen und Voluten eine Einfachheit verbinden mußten, welche in Harmonie mit dem übrigen Gebäude ſtand; auch hat der Architekt ſo viel als möglich die Ornamente des ioniſchen Stils vermindert. Nicht bloß die Schnecken können von mannigfaltigen Krümmungen geformt ſein und dem Lichte volle Flächen und Vertiefungen darbieten, an denen es ſich bricht und auf tauſenderlei Arten reflektirt; zahlreiche Ornamente aber können darüber angebracht ſein und ſich über den Säulenſchaft ausdehnen; auch die Baſe hat keine ſo beſtimmte Form, daß der griechiſche Künſtler, Meiſter einer von ihm erfundenen Kunſt, die Profilirung derſelben nicht nach ſeiner Einbildungskraft verändern und der Eleganz dieſer ganzen Ordnung die ganze Einfachheit oder alle beliebige Korrektheit hätte geben können. Sein erſtes Geſetz zu den Zeiten des Perikles war das Verhältniß in den Formen und die harmoniſche Uebereinſtimmung der Theile mit dem Ganzen. Je mehr man an dem ioniſchen Doppelgebäude der Pandroſos, dem Nachbarn und Zeitgenoſſen der Propyläen, Ornamente anbrachte, um ſo mehr Mäßigkeit zeigte man bei der Dekorazion der Propyläen; denn jenes Gebäude eignete ſich für die Eleganz und mußte in ſeinen einzelnen Theilen wie im Ganzen eine angenehme Wohnſtätte für eine Göttin und ein junges Mädchen ſein; hier dagegen konnte die Schwere des äußeren doriſchen Stils mit ſeinen Säulen ohne Baſen und mit ſeinen Kapitälen ohne Skulpturen nicht mit einem Inneren in Uebereinſtimmung treten, das mit Ornamenten vielleicht überladen worden wäre.

Dieſelbe Harmonie mußte zwiſchen den Flügeln der Propyläen und dem Hauptgebäude ſtattfinden. Obgleich die Beſchaffenheit des Terrains und der Gebrauch, für den ſie beſtimmt waren, es nicht geſtatteten ſie unter ſich gleich zu machen, ſo war doch der Charakter ihrer Architektur identiſch, was die Schönheit des Monumentes erhöhte. Der vornehmſte Charakter des linken beinahe ganz erhaltenen und unter dem Namen Pinakothek bekannten Flügels beſteht in den Dimenſionen ſeiner Säulen, welche um ein Drittheil kleiner ſind als die des Hauptgebäudes. Bei dem Parthenon war die innere Säulenreihe des Naos von zwei übereinander geſetzten und durch ein Gebälk getrennten doriſchen Säulen gebildet; die obere Ordnung war die kleinere und hatte nur die Hälfte der unteren Ordnung. Obwohl dieſes Ganze zerſtört wurde, ſo kann man ſich dennoch den Effekt vorſtellen, den es hervorbringen mußte; man begreift es leicht, daß es in einem geſchloſſenen Raume, nicht weniger hoch als der äußere Periſtyl des Tempels, jedoch ſchmaler und viel kürzer, nothwendig war, den Säulen kleinere Verhältniſſe zu geben; dann konnte man aber auch nicht anders, als die Höhe des Monumentes zu theilen und zwei übereinander ſtehende Ordnungen zu bilden; die relativen Verhältniſſe dieſer beiden Ordnungen waren durch das Bedürfniß der Gattung durchaus nicht beſtimmt, das Genie des Künſtlers aber mußte auf die ſchönſten und am beſten zuſammenpaſſenden denken. Wir müſſen uns ſcheuen, hier nach dem fertigen Werke zu raiſonniren und beweiſen zu wollen, daß es, alſo aufgefaßt, ſchön werden mußte, wenn wir es bereits wiſſen, daß es in der That ſchön iſt; man kann indeſſen behaupten, daß dieſe in unſeren Tagen ungewöhnlichen und beinahe verſtoßenen Verhältniſſe ſchöner ſind als alle andern, und dem Verſtande mehr zuſagen, weil die oberen Säulen, wenn kleiner, in größerer Anzahl vorhanden ſein mußten, und daß mehrere von ihnen wie ohne Unterſtützung erſcheinen würden, wenn größer dagegen, ſie eine zu breite Baſis erhalten hätten und die Säulen, welche ſie tragen, zu erdrücken ſcheinen würden.

Gehen wir in dieſe vielleicht zu ſehr techniſchen Analyſen ein, ſo beruht die Schönheit architektoniſcher Werke mehr wie jede andere auf abſtrakten und ſo zu ſagen geometriſchen Gründen, und bezieht ſich mehr wie jede andere auf den gewöhnlichen geſunden Menſchenverſtand. Ueberdies konnte die griechiſche Architektur, die ſo einfach in der Anwendung ihrer Mittel und ſo zu ſagen allen Imaginazionen ſo zugänglich iſt, ihre großen Effekte nur durch eine geſchickte Kombinazion der Formen, durch eine tiefe Wiſſenſchaft, durch eine lebhafte Empfindung für Proporzion erreichen; ſonſt wäre es unbegreiflich, wie bei ganz verſchiedenen Verhältniſſen der Säulenweiten und der Dimenſionen die Kolonnaden der Propyläen einen gleichen Effekt hervorbringen wie die des Parthenon, und in einem ganz anderen Genre eine vielleicht eben ſo hohe Schönheit

Digitized by Google

zeigen. Es läßt ſich ohne Zweifel behaupten, daß die Schönheit der Kunſtwerke vorzugsweiſe in ihrem Enſemble liegt, und daß ſich aus der einmal gegebenen Grundidee die einzelnen Theile auf eine natürliche und beinahe nothwendige Weiſe entwickeln; dergeſtalt, daß die idealen Typen Apollo's und der Venus Viktoria, nachdem ſie einmal im Geiſte geſchaffen waren, mit ihren beſtimmten Formen aus dem Marmor hervorgingen und ſich, ohne an Schönheit einander nachzuſtehen, nichtsdeſtoweniger in keinem ihrer Theile gleichen. Keineswegs aber verhält es ſich mit der Architektur wie mit der Plaſtik; die Formen, welche der Bildhauer hervorbringt, haben ihr erſtes Modell in dem Körper des Mannes und der Frau, und wenn ihm das Ideal des Schönen von oben kommt, ſo dient es ihm mehr dazu, die Mängel der lebenden Natur zu verbeſſern, als ohne Modell ganz neue Formen zu ſchaffen. Es gibt im Gegentheile in der Natur weder Tempel noch Propyläen, weder Frieſe, noch Gebälke, noch Säulen; man müßte denn die bizarre Idee, welche in Rom auftauchte und bisweilen in unſeren Tagen wiederholt wird, an welche aber die Griechen, unſere Meiſter, keineswegs dachten, für ernſthaft nehmen, daß nämlich die Säulen nach dem Vorbilde der Bäume, und die Tempelräume nach dem Vorbilde der Felſengrotten gebildet wurden; wenigſtens muß man geſtehen, daß ſie ſich nicht von weitem ähnlich ſehen. Die Schönheit der Monumente iſt alſo weniger imitativ als jede andere, und ſie drückt die allgemeinen Geſetze der Natur auf eine viel tiefere Weiſe aus. Die drei Säulen der Pinakothek, welche mit den ſechs Säulen der Hauptfaßade einen rechten Winkel bilden, haben nur zwei Drittheile von der Höhe der letzteren. Mit demonſtrativen Gründen ließe ſich nicht beweiſen, daß dieſes Verhältniß ein beſſeres iſt als jedes andere; aber wie man in einem Gemälde den Hauptgegenſtand in ein helleres Licht ſetzt, eben ſo mußte man in dem oben genannten Monumente den Flügeln kleinere Dimenſionen geben, damit der Hauptheil nicht von ſeinem Effekte verlor. Ueberdies betrachtet man das Enſemble des Gebäudes, ſo bemerkt man leicht, daß ſich die größeren Verhältniſſe im Centrum finden, und daß nach rechts und links in der Größe der Eingänge und in den Säulenintervallen ein abnehmendes Verhältniß beſteht; man mußte alſo die Flügel nach einem kleineren Verhältniſſe konſtruiren, damit ſie ſich mit der Grundidee des Monumentes vereinigen konnten. Das Nämliche findet ſich in jeder Kunſt; die Nebenumſtände dürfen nie über den Hauptgegenſtand hervorragen, noch auch in uns ein gleiches Intereſſe erzeugen; eine zu ſehr entwickelte Epiſode ſchadet dem Enſemble des Gedichtes; wohl aber erhöht der Chorgeſang die Schönheit der Harmonie, und hindert nicht, daß Arſakes und Semiramis die Hauptperſonen ſind, welche am deutlichſten hervortreten. In den Werken der Architektur beſteht die ganze Kunſt darin, die paſſendſten Proporzionen zu wählen, und wenn ein Theil für ſich allein ein vollkommenes Ganzes zu bilden ſcheint, durch ſeine Stellung und Dimenſionen zu zeigen, daß er abhängig iſt und zu einem größeren Effekte beitragen ſoll. Hierin ſcheint die griechiſche Kunſt die Vollkommenheit erreicht zu haben, und überhaupt Alles, was alte Völker vor- oder nachher geleiſtet. Wenn das Verhältniß vom Einfachen aufs Doppelte in dem inneren Periſtyl des Parthenon für zwei übereinander ſtehende Säulenreihen angemeſſen war, ſo hätte dieſes die Faßade der Pinakothek zu ſehr reducirt und aus den beiden Flügeln zwei unnütze und ſchlecht angebrachte Anhängſel gemacht.

Die Beiſpiele des kleinen doriſchen Stils am Aeußeren der Monumente ſind ſelten im alten Griechenland, und die Urſache davon iſt vielleicht nicht ſchwer aufzufinden; der Grundcharakter dieſer Ordnung iſt die Einfachheit, und da ſie nur wenig Verzierungen zuläßt, ſo iſt ſie vorzugsweiſe zur Erreichung großer Effekte beſtimmt. Die Schönheit der Kunſtwerke hängt in Wahrheit weniger von ihren abſoluten Dimenſionen, als vielmehr von ihren Formen und der richtigen Proporzion ihrer Theile ab; aber alles hat ſeine Grenzen, und die Monumente ſollen die Mitte halten zwiſchen dem kleinen Körper des Menſchen und zwiſchen der Natur. Obgleich der Tempel des Jupiter zu Agrigent größer iſt als der Parthenon, ſo kommt er dieſem dennoch an Schönheit gleich; aber wenn der Parthenon nur die Dimenſionen einer Kapelle hätte und nicht mehr Raum einnähme als der Tempel der Viktoria Apteros, ſo iſt es ſehr zweifelhaft, ob er einen ſo großen Ruhm erlangt hätte und als das Meiſterſtück der Architektur betrachtet würde. Da wo die Ornamente durch große Flächen erſetzt ſind, muß ſich der Beſchauer in einer gewiſſen Entfernung halten und das Enſemble mehr als die einzelnen Theile betrachten Die

Digitized by Google

kleinen Gebäude ſind dazu beſtimmt, in der Nähe geſehen zu werden, wie die kleinen Gemälde und die kleinen Statuen; man begreift leicht, daß die Griechen mit ihrem lebhaften Gefühl für das Schöne in dieſem Falle die ioniſche Ordnung vorgezogen und die andere für die großen Monumente aufbehalten hätten. Aber der doriſche Stil paßte für den Eingang zu einer Citadelle wegen ſeiner Kraft und Majeſtät, und es war genug, daß die innere Kolonnade einer andern Ordnung angehörte; nun aber konnte man einestheils den Flügeln keinen anderen Charakter geben als der Hauptfaßade, und anderntheils auch keine größeren Dimenſionen; es mußte alſo ein Wagſtück unternommen und der kleine doriſche Stil angewandt werden, indem man ihn nichtsdeſtoweniger mit all der Pracht ausſchmückte, deren er fähig war. Ich kann mir auf andere Weiſe die eigenthümliche Grazie der Pinakothek nicht erklären, welche uns am Eingange einer Citadelle und in einem kriegeriſchen Bau in Erſtaunen ſetzt; überdies iſt ſie dazu beſtimmt, in der Nähe geſehen zu werden; denn eine ihrer Mauern iſt an dem Abgrunde errichtet, und der ſchmale Weg, der bei ihr vorbeiführt und die Propyläen durchſchneidet, iſt an einem jähen Abgrunde gebahnt. Dieſe Pracht übrigens hängt nur von dem Verhältniſſe der einzelnen Theile unter ſich ab, indem der doriſche Stil in ſeinen allgemeinen Formen unveränderlich iſt und kein ungewöhnliches Ornament von der Laune des Künſtlers erhält. Die Römer, wie man weiß, gaben den Säulen dieſer Ordnung eine Baſis, wie man es am Koloſſeum ſieht; aber durch dieſe Neuerung ſtellten ſie eine neue Ordnung auf, indem die Triglyphen und Frontons verſchwanden und die Säulen ſelbſt neue und den Griechen unbekannte Verhältniſſe erhielten. Es frägt ſich ſehr, ob daraus ein Nutzen für die Architektur erwuchs. Der Vorzug der Neuheit bleibt zwar dieſer Erfindung, aber der reine doriſche Stil verſchwand von Jahr zu Jahr; es blieb am Ende nur eine elegantere und großartigere Form, erſetzt durch eine andere Form, welche ihr an Schönheit nicht gleich kommen konnte. Wie dem auch ſei, der wahre doriſche Stil hörte mit den ſchönen Jahrhunderten Griechenlands auf; die Römer bedienten ſich desſelben nicht, und die neue Ordnung, welche ſie an mehreren größeren Monumenten, wie an den Arenen und Theatern anwandten, führten ſie auch bei kleineren Bauten ein, und ſelbſt an Paläſten und Privathäuſern, wie man es in Pompeji ſieht; aber die Idee, die doriſche Säule auf eine Baſe zu ſetzen, fand ſich bei den Griechen nicht, und es läßt ſich ſelbſt nicht einmal mit Herrn von Chateaubriand ſagen, daß dieſe durch die Stufen, auf welchen man den Tempel errichtete, erſetzt wurde; denn zu allen Zeiten war die ioniſche Säule mit einer zierlichen Baſe geſchmückt, obgleich ſie ſelbſt auf Stufen ruhte [1]).

Dies waren die Hauptcharaktere der Architektur der Propyläen; ſie hatten keineswegs wie der Parthenon, wie der Theſeustempel, wie eine große Anzahl heiliger Gebäude des alten Griechenlands, Skulpturen, welche einen Theil des Monuments ausmachten, und an den Frieſen und Frontons angebracht geweſen wären; ihr Hauptornament beſtand in verſchiedenartigen Malereien, welche das Äußere und Innere ſchmückten. Nach einem langen Streite zwiſchen den gelehrteſten Archäologen unſerer Zeit haben neue Forſchungen gezeigt, daß der Parthenon in allen ſeinen Theilen mit glänzenden Farben geſchmückt war, wo das reine Licht Griechenlands mit ausnehmender Kunſt vertheilt wurde; man wußte ſchon, daß die Tempel Siciliens auf dieſelbe Art geſchmückt waren; die Malereien des Theſeustempels zu Athen ſind für alle Welt erkennbar, und der gelbe Stuck, der vor dem peloponneſiſchen Kriege auf der Außenſeite der Mauern und in den Kannelüren der Säulen angebracht wurde, hat ſich noch zum Theil erhalten. Die Propyläen, ohne Zweifel den Invektiven der Witterung und der Menſchen mehr ausgeſetzt, ſind ganz kahl auf uns gekommen, und die antiken Farben erſetzt jetzt das matte Gold, welches die Jahrhunderte auf die Monumente Griechenlands ablegen. Indeſſen entdeckt ein wachſameres Auge noch in allen Theilen des Gebäudes die Spuren dieſer Malereien; ſie bilden hie und da ſo dicke Lagen, daß ſie ſich ablöſen laſſen;

[1]) Dieſe Stufen der Propyläen nahmen den ganzen Raum ein, welcher ſich vor der Hauptfaßade zwiſchen den beiden Flügeln erſtreckt, und reichten allem Anſcheine nach nicht bis an den Fuß des Hügels, was weder in der Kunſt noch in der Archäologie ſeine Rechtfertigung fände, ſondern bis an den Weg, welcher ſie in der Mitte theilend ſich plötzlich dreht und zum Fuß der Plateforme des Tempels der Viktoria führt. Dieſe Frage wäre ohne Zweifel beleuchtet, wenn nicht der Tod des geſchickten und unermüdlichen Penſionnairs der römiſchen Akademie, Herrn Titeux, plötzlich die ſchon fruchttragenden Nachforſchungen und eine ehrenvoll begonnene Laufbahn unterbrochen hätte.

Digitized by Google

das Aeußere dieſer Mauern hat ſich mit einem gelblichen Staub bedeckt, aber die an dem Marmor anliegende Fläche hat ihren ganzen Glanz bewahrt. Himmelblau, Menniggelb und Grün waren die verbreitetſten Farben in dem oberen Theile des Gebäudes; außen waren die Triglyphen und ihre Intervallen, die Karnieße und Sparrenköpfe, im Inneren die ioniſchen Gebälke, die mit Schnitzwerk verzierten Architrave, kurz alle Theile dieſer beiden Ordnungen, welche durch die abgerundete Geſtalt oder die geringe Dimenſion ihrer Fläche die Arbeit des Bildhauers verlangten, mit einer oder der andern dieſer glänzenden Farben verſehen. Auch weiß man, daß an ioniſchen Kapitälen und an gewiſſen Ornamenten von zarter Arbeit auf geſchickte Weiſe Gold mit dem rothen oder blauen Grunde größerer Flächen vermiſcht war.

Den Namen des Künſtlers, welcher die Propyläen Athens dergeſtalt mit Farben ſchmückte, hat uns die Geſchichte nicht aufbewahrt; aber zwei Gründe laſſen uns glauben, daß es Mneſikles ſelbſt war; die Vertheilung der Farben auf den Monumenten erforderte von Seiten des Künſtlers nicht die Kenntniſſe, welche dem Maler zugehören; die Farbe wurde ohne ſtufenweiſe Schattirung auf der geglätteten Oberfläche des weißen Marmors aufgetragen; die Figuren waren mit dem Zirkel gezeichnet und mit der Spitze des Meißels tracirt; entweder waren es Eier oder Perlen oder andere Ornamente, ähnlich denen, welche man an den Kapitälen und Frieſen in Relief ſkulptirte; in einer ſolchen Arbeit war alſo nichts, was nicht zum Fach des Architekten gehört, und was ein Maler mit Ruhm hätte ausführen können. Zweitens hat uns das Alterthum keinen Namen einer berühmten Perſon überliefert, welche auf irgend einem bürgerlichen oder religiöſen Monumente die Enkauſtik ausführte. Plinius ſagt zwar einmal, Protogenes habe die Propyläen gemalt; aber es iſt ſehr wahrſcheinlich, wie Hr. Raoul-Rochette glaubt, daß es ſich hier nicht um das ganze Gebäude handelt, ſondern nur um gewiſſe innere Theile, wo dieſer große Maler zierliche oder dramatiſche Gegenſtände dargeſtellt hatte. Große Inſchriften, welche man in den letzten Jahren in der Pinakothek fand, haben überdies den Beweis geliefert, daß das Monument keineswegs bis auf die Zeiten des Protogenes weiß geblieben, ſondern daß es ſchon zur Zeit ſeiner Erbauung gemalt worden war. Es gehört nicht zu unſerem Gegenſtande, von den Gemälden der Propyläen zu reden oder von den Reiterſtatuen, welche man den Söhnen des Xenophon errichtete, und für deren Schutz dieſe Portiken beſtimmt wurden. Die Flügel des Monumentes, welche eine Art Muſeum bildeten, die Kunſtgegenſtände, welche man daſelbſt niederlegte, machten durchaus keinen nothwendigen Theil des Gebäudes aus und konnten entfernt werden, ohne daß dieſes von ſeiner Schönheit verlor; überdies beweiſt in dem Geiſte des Mneſikles nichts, daß die Propyläen ſolche Statuen wie ein nothwendiges Ornament hätten aufnehmen ſollen, indem ſie erſt in einer viel ſpäteren Zeit aufgeſtellt wurden [1]).

[1]) Welcher Art waren die Werke der großen Maler, welche Pauſanias noch in der Pinakothek ſah? Zwei gelehrte Archäologen unſerer Tage, Herr Raoul-Rochette und Herr Letronne, haben lange Zeit über dieſe Frage geſtritten, und ihre große Gelehrſamkeit erlaubt uns kein Endreſultat. Der eine war der Meinung, es handle ſich um Gemälde auf Holz, die mit metallenen Zapfen an den Mauern des Monuments befeſtigt geweſen wären; der andere, aus nicht weniger überzeugenden Gründen, behauptete, dieſe Malereien wären enkauſtiſch, und unmittelbar auf den mit dem Hammer bearbeiteten Marmor aufgetragen. Unglücklicherweiſe waren die Propyläen zu der Zeit, als dieſe Frage verhandelt wurde, noch nicht vom Schutt gereinigt, und man kannte dieſes Monument nur aus unvollſtändigen Arbeiten von Architekten oder Reiſenden, welche es ſchlecht geſehen hatten. Die Arbeit des Herrn Titeux hätte ſicherlich neues Licht verbreitet; er fiel ein Opfer ſeines Eifers. Ein franzöſiſcher Architekt, wie er Penſionnair von Rom, und eben ſo thätig und geſchickt, Herr Desbuiſſons, der dem mühſamen Studium dieſes Monuments über ein Jahr widmete, hat uns darüber aufgeklärt, daß es nie daſelbſt Bilder mit Zapfen an die Mauer befeſtigt gegeben habe, da man nirgends eine Spur metallener Nägel ſieht, und die Marmoroberfläche allenthalben unverſehrt iſt. Anderſeits waren es durchaus keine enkauſtiſchen Gemälde, was ſich aus zwei Gründen leicht beweiſen läßt: erſtens iſt die Mauer gar nicht ſo bearbeitet, um Stuck aufnehmen zu können; im Theſeustempel war die Maueroberfläche mit dem Geobmeißel behauen, und durch dieſe Rauhigkeiten und Gruben haftete der Stuck an der Wand; in den Propyläen iſt die Mauer mit dem Gradireiſen bearbeitet und einfach polirt; hier findet ſich nicht nur nicht irgend eine Spur von Stuck, ſondern eine ſolche Oberfläche wäre auch ungeeignet, ihn feſtzuhalten. Zweitens in dem Theſeustempel war die Mauer, ehe ſie mit dem Geobmeißel behauen worden war, abgetragen und geglättet worden, dergeſtalt daß die ganze Fläche hinter den Architekturgliedern (wie Anten und Sparrenköpfen aller Art) zurücktrat, und von dieſen eingerahmt wurde. Nicht ſo iſt es aber bei den Propyläen; hier gibt die Mauer dieſelbe Dicke, wie die Architekturglieder; nur ſieht man längs der Anten eine

Digitized by Google

Als Xerxes mit einer geſchwächten Armee, welche gleichwohl noch fähig war, Griechenland zu unterjochen, unter den Mauern Athens anlangte, flüchteten ſich die Einwohner der Stadt auf ihre Schiffe, und fanden in der Verzweiflung das letzte Mittel zum Heil, was ihnen die Götter noch gelaſſen hatten. Die Menſchen dieſer Zeit mußten ein merkwürdiges Vertrauen auf die Zukunft haben, daß ſie nicht nur ihre Häuſer und Mauern, ſondern auch die Tempel der Götter und ſo viele ſchöne Bauwerke, mit welchen die Stadt geſchmückt war, der Zerſtörung überließen. In der That ſollte es den Athenienſern nie weder an Stoff noch an Zeit fehlen; aber wenn die Nazion vernichtet worden wäre, ſo wären ſowohl die alten Monumente als das Genie, was ſie aus ihrem Ruin erheben konnte, auf immer verloren gegangen. Der barbariſche König, Herr der verlaſſenen Stadt, plünderte dieſelbe; andern Göttern dienend, ſtürzte er die heiligen Gebäude; ſeine Soldaten vertheilten ſich in alle Quartiere, und vernichteten mit Feuer und Schwert Alles, was ihren Begriffen zuwider lief.

Die Akropolis, die beſchützende Citadelle der Gegend und das Heiligthum der verehrteſten Götter, fiel zuletzt, bot aber endlich auch, wie die Stadt, das Schauſpiel eines großen Brandes dar, deſſen Flammen das weite Meer erleuchteten und den Perſern die ſchweigſame Flotte zeigte, welche ſie in Salamis erwartete. An einem Tage fielen, unter anderen Altären und Tempeln, der alte Parthenon, der ſpäter das Material zu der Mauer des Kimon lieferte, die doppelt geheiligte Wohnung der Minerva und Pandroſos, die erſten Propyläen[1]), deren Trümmer noch am Eingange zur Akropolis liegen, wo ſie mit modernen Ruinen, Werken anderer Barbaren, vermiſcht ſind. Welcher Art war der alte Parthenon, das zerſtörte Erechtheion, die von den Perſern zertrümmerten Propyläen? Mit Gewißheit läßt ſich nichts darüber ſagen; aber einem geſchickten Architekten käme es zu, die zerſtreuten Fragmente zu ſammeln und zu meſſen, ſie in der Idee an den Platz zu ſtellen, welchen ſie einnahmen, und eine noch unentſchiedene Frage, welche für die Kunſtgeſchichte in hohem Grade intereſſant iſt, zu beleuchten. Alles, was ſich hier von den alten Propyläen ſagen läßt, iſt, daß ſie in vieler Hinſicht denen des Mneſikles nachſtanden. Wie dieſe waren ſie doriſcher Ordnung, und gewiſſe Ornamente beweiſen, daß ſie im Innern eine

kleine Bandleiſte laufen, welche mit dem Meißel ausgehauen, in ihrer ganzen Ausdehnung vollirt iſt, und alle Zeichen einer vollendeten Arbeit an ſich trägt. Dies bedeutet in der Architektur, daß das Gebäude nie vollendet worden iſt. In der That iſt es ſinnlos, daß die Mauer eines Gebäudes dieſelbe Dicke haben ſoll wie die Hauptglieder, weil dieſe gleichſam das Zimmerwerk ausmachen, und die Mauer nur eine Art Ausfüllung iſt: ein Feld, zwiſchen die Anten eingeſchoben; eben ſo ſollte die ganze Maueroberfläche der Propyläen bis zum Niveau der Hohlkelſte abgetragen werden, und dies erklärt, warum ſie nur erſt mit dem Gradreifen bearbeitet iſt. Wenn dieſe Details nicht zu techniſch wären, ſo würde ich nachweiſen, was an dieſem Gebäude vollendet iſt, und wo noch die letzte Hand fehlt; wie z. B. nach Herrn Letronne an den mit Enkauſtik gemalten Mauern die Steinjunkturen nicht einmal verwiſcht ſind, weil man, ehe man auf die ſchon ſtehende Werkſteinſchicht das Marmorſtück aufſetzte, deſſen Ränder nicht rechtwinklig arbeitete, ſondern ſtumpf ließ, aus Furcht, es möchte durch den Druck eine Splitterung entſtehen. Später mußte der ſtumpfe Theil mit dem Meißel entfernt werden, und dann verſchwanden nach Vollrung der Mauern die Steinjunkturen; ſo verhält es ſich in der That mit den Wänden der vollendeten Tempel, wie am Theſeion und Erechtheion. Aber dieſe Bemerkungen würden uns zu weit führen; es iſt genug, wenn wir ſagen, daß in den Propyläen nur die Architekturglieder vollendet, und ſämmtliche großen Flächen nur erſt aus dem Rohen bearbeitet ſind; hieraus erklärt ſich das Vorſpringen der Maueroberflächen, wie auch die kreisförmige oder viereckige Aushöhlung, in welcher ſämmtliche Säulen ruhen. Hieraus können wir den Schluß ziehen, daß die Gemälde, welche Pauſanias ſah, weder enkauſtiſch auf die Wände, noch auf hölzernen an die Mauern befeſtigten Feldern gemalt, ſondern ganz frei und unabhängig von dem Gebäude waren.

[1]) Man ſieht vor der Mauer der Pinakothek in einem engen Raume neben einer modernen Treppe, welche auf den Wall hinaufführt, die Reſte eines vorperikleiſchen Gebäudes. Was ſich bei dem Pauſanias und Ariſtophanes auf dieſen Theil der Akropolis bezieht, belehrt uns unvollkommen über den Urſprung dieſer Trümmer; aber nachdem ich die hauptſächlichſten Steine gemeſſen hatte, fand ich, daß das Gebäude zu groß war, als daß es den Raum hätte einnehmen können, wo ſich dieſe finden; ſie kamen alſo von weiter oben her. Ueberdies finden ſich Triglyphen eines doriſchen Monuments, und andere Steine, welche ihren Dimenſionen nach demſelben Monumente und ihrer Form nach einer joniſchen Ordnung angehören. Die Verbindung dieſer beiden Ordnungen, die ſich ebenfalls bei den Propyläen des Perikles findet, die Größe des zerſtörten Gebäudes, der Platz, den die Ruinen einnehmen, die Epoche, in die ſie hinaufreichen, und viele andere Details, die wir hier nicht aufzählen können, laſſen uns glauben, daß dieſe Trümmer den alten Propyläen angehörten; übrigens kommt es den Archäologen zu, eine Frage dieſer Art zu beantworten.

Digitized by Google

ioniſche Ordnung hatten; aber ihre Dimenſionen waren kleiner, der Stein, welcher ihre Säulen und ihr Simswerk bildete, war nicht der ſchöne pentelikſche Marmor, ſondern ein poröſer, grobkörniger Kalkſtein. Uebrigens erkennt man ungeachtet der Unvollkommenheit des Materials an der Zierlichkeit der ſkulptirten Ornamente, an der Weichheit ihrer Konturen, ſelbſt an der Schönheit der Arbeit eine ſchon vorgerückte und neuer Fortſchritte fähige Kunſtſtufe. Die Säulen und ſämmtliche andern Theile des Gebäudes waren mit einem Stuck bekleidet, der härter als Marmor iſt, und bis jetzt den Unbilden der Witterung und dem Fuße der gleichgiltig Vorübergehenden widerſteht. Reſte glänzender Malereien fehlen auf dieſen Trümmern nicht; wie im alten Parthenon, ſo finden ſie ſich auch in den alten Propyläen; mithin iſt es Thatſache, daß die Griechen ſeit dem hohen Alterthum ihre Monumente malten, und daß dieſer Gebrauch, der zu den Zeiten des Perikles herrſchte, von den Künſtlern wie eine alte Tradizion übernommen wurde.

Nachdem die Perſer bei Salamis vernichtet waren und das Meer von ihrem Blute geröthet wieder von den friedlichen Schiffen der Handelsleute des Piräos durchfurcht wurde, erhob ſich Athen aus ſeiner Aſche, und ſchöner als zuvor; und Perikles, welcher mit einem beinahe ſouverainen Anſehen eine umfaſſende Kunſtliebe verband, dankte den Göttern, indem er ihnen neue und prächtige Wohnungen weihte. Zwei durch ſeine Sorgfalt wiederauferbaute Monumente bedeckten die Architektur dieſes Jahrhunderts mit einem Ruhme, an welchen kein anderer je reichte; dies waren die Propyläen und der Parthenon. Es iſt wahr, er ſparte weder das Gold der Republik noch das der Bundesgenoſſen; aber vielleicht hatte der mediſche Krieg in den Griechen die Ueberzeugung geweckt, daß ſie als Bewohner eines kleinen Landſtriches ihren Ruhm weder in ihren Reichthümern noch in ihrer Macht, ſondern in den Künſten und Wiſſenſchaften ſuchen ſollten, welche ſie ſchon mit ſo vielem Glanze gepflegt hatten. Inmitten der Reichthümer, welche heute Europa überſchwemmen und Herren einer Gewalt, die ſich bis an die Enden der Welt fühlbar macht, erſtaunen wir über die Größe der Summen, welche die Athenienſer ihren öffentlichen Gebäuden opferten. Unſere Kathedralen des Mittelalters erheiſchten bedeutende Ausgaben, aber ſie erhoben ſich nach und nach, und häufig durch die Mildthätigkeit der Gläubigen; überdies erforderte die Einfachheit der Mittel, welche man zur Konſtrukzion von Bogen und Gewölben, zur Errichtung grober, aus kleinen Steinen zuſammengeſetzter Pfeiler, zum Skulptiren roher und bizarrer Figuren aus weichem Material anwandte, nur wenig Talent und viel Zeit; man ſetzte Jahrhunderte an ihre Erbauung, und oft blieben ſie unvollendet. Die Propyläen Athens wurden 437 v. Chr. unter dem Archonten Euthymenes begonnen, und Mneſikles vollendete ſie in fünf Jahren. Erſchöpft von den mediſchen Kriegen, von den ununterbrochenen Kämpfen mit den Völkern Griechenlands und von dem Wiederaufbau der Häuſer und öffentlichen Gebäude, konnte Athen in dieſen fünf Jahren dem genannten Monumente mindeſtens 500 Talente widmen, beinahe 3 Millionen Francs, und das zu einer Zeit, wo das Geld vielleicht zwölfmal den Werth hatte wie heute. Der große Handel und die eigenthümliche Thätigkeit der Athenienſer, verbunden mit der weiſen Verwaltung des Perikles, könnten vielleicht dieſes Wunder erklären; aber was uns nicht minder in Erſtaunen ſetzt, iſt die Anzahl intelligenter Werkleute, welche nothwendig war, auf einmal und in ſo kurzer Zeit die Hauptmonumente Athens zu erbauen; in der That, an ſolchen Meiſterwerken konnte keine ungeſchickte Hand gearbeitet haben, es gehört eine große Geſchicklichkeit dazu, mit dieſer Genauigkeit nicht nur die Eier und Perlen, Werke, welche in Wirklichkeit das Talent des Bildhauers erheiſchen, ſondern auch die Kannelüren der Säulen, die ioniſchen Kapitäle, ſelbſt die Mauerſteine zu bearbeiten, deren Arbeit ſo vollkommen iſt, daß alle Junkturen verſchwanden und ſich oft, ſelbſt jetzt noch, nur durch den Unterſchied der Nüancen, mit welchen die Sonne dieſe Monumente gefärbt hat, bemerkbar machen. Mit Mühe alſo und nicht ohne Opfer wurde dieſe Republik durch die Pflege der Künſte die erſte unter den Städten und die Leuchte der anderen Zeitalter.

So finden ſich alſo in Athen die beiden zugleich vollendetſten und für die Kunſtgeſchichte intereſſanteſten Denkmäler des Alterthums; der Parthenon und die Propyläen ſind und bleiben für immer die *vollendeten* Muſter der Architektur; das eine iſt, ſo weit es eine materielle Sache ſein kann, das Ideal der religiöſen Monumente, und das andere das einzige Modell der bürgerlichen Baukunſt der Alten. In dem Artikel über den Parthenon haben wir auf analytiſchem Wege die Haupt-

Digitized by Google

charaktere der doriſchen religiöſen Baukunſt zu zeigen geſucht; wir mußten uns mit den Propyläen beſchäftigen, um ſie hiermit in Parallele zu ſetzen. Es iſt wahr, das Studium dieſer beiden Werke iſt eines der ſchwierigſten, was man vornehmen kann; die Meiſterwerke der Kunſt haben das Eigenthümliche, daß ſie mehr wie alles Andere in Harmonie mit der Natur und ihren ewigen Geſetzen konform ſind; und wie es ſchwer iſt in der Welt die geheimnißvollen Urſachen zu erkennen, aus welchen die Ordnung und Schönheit kommt, ſo iſt es auch ein mißliches Unternehmen, in den Werken des Geiſtes die Gründe aufzuſuchen, welche dieſe ſchön erſcheinen laſſen. Oft beruht ihr größter Reiz in der richtigen Proporzion ihrer Theile, in dem Enſemble, welches ſie durch ihre Verbindung bilden; vernichtet die Analyſe dieſe Einheit, ſo läuft ſie Gefahr, das Werk ſeiner hauptſächlichen Schönheit zu berauben. Oft iſt ein Theil nur ſchön in ſeiner Beziehung zum Ganzen: wie bei einer Statue oder in einem Gemälde irgend ein Geſichtszug, ohne an ſich ſelbſt ſchön zu ſein, nichtsdeſtoweniger den Ausdruck erhöht und beſſer wie jeder andere der Idee des Künſtlers angemeſſen iſt; wie in der Natur ein Baum, der im Grunde eines Thales oder im Schooße einer weiten Ebene ſo ſchön ſteht, den kahlen Berg ſchändet, mit welchem er unangenehm kontraſtirt. Die Analyſe, welche uns in ihrer Methode nur einen Gegenſtand auf einmal zeigen kann, zwingt uns entweder dieſen ſchön zu finden, wenn er es an ſich ſelbſt nicht iſt, oder ihn ſchön zu finden aus falſchen Gründen. Indeſſen iſt das Studium der Kunſtwerke, welche zwar durch höhere aber doch menſchliche und den unſrigen ähnliche Geiſteskräfte geſchaffen wurden, weniger dem Irrthum unterworfen als das Studium der Naturſchönheiten. Der Künſtler, welcher erfindet, analyſirt und komponirt wie wir ſelbſt, obwohl beſſer als wir es können; das Schöne, das er zu erreichen ſtrebt, iſt dasſelbe, was wir begreifen können, und deſſen Idee mit unſerem Faſſungsvermögen im Einklange ſteht. Aber die Schönheit der Kunſtwerke ſteht immer unter derjenigen, welche uns in der Natur entgegen leuchtet; und das darf uns nicht in Erſtaunen ſetzen, da Gott der Urheber der Welt, in ſeiner Allmacht tauſend dem Menſchen verborgene Mittel hat und die Dinge nach ſeinem Willen geſtaltet, ohne Mühe und Zeit. Ueberdies iſt das Modell, nach welchem er ſchafft, ewig wie er ſelbſt und durchaus vollkommen. Es iſt wahr, der Menſch, welcher ein ſchönes Werk erſchafft, hat in gewiſſem Sinne dasſelbe Modell, indem die Schönheit einzig und unveränderlich iſt, und die Vernunft, welche die Schönheit auffaßt, uns ſo zu ſagen in Gedankengemeinſchaft mit Gott ſetzt; aber Gott, wenn er in ſeiner Allmacht das Modell aufſtellt, nach welchem er den Dingen die vollendeten Geſtaltungen verleiht, ſieht es mit vollkommener Klarheit in ſeiner eigenen Geiſteskraft, welche deſſen Princip iſt; der Menſch dagegen ſieht es immer nur unvollkommen, und in dem Augenblicke, wo er klagt, daß die Ausführung der Idee nicht entſpricht, fühlt er, daß dieſe Idee ſelbſt unvollkommen, flüchtig, ſchwer zu erreichen, und noch ſchwerer feſtzuhalten iſt. Welcher Unterſchied! Er kommt daher, daß Gott, welcher die Schönheit vorzugsweiſe iſt, ſich ſelbſt beſitzt und ſich ewig ſeiner ſelbſt erfreut; gelangt der Menſch dagegen durch eine Kraftanſtrengung ſeiner dahin, daß er die Schönheit begreift, ſo fühlt er ſich nicht allein nur durch ein plötzliches Licht erleuchtet, ſondern er iſt auch bei der Annäherung an einen ſolchen Gegenſtand ſo tief bewegt, daß er ihn betrachtet, liebt, verfolgt; aber zu der Materie zurückgekehrt, welcher er die Geſtalt geben ſoll, verwirrt ſich ſein Gedächtniß und das Bild trübt ſich.

Im Himmel, den ſein hellſtes Licht verklärt,
War ich und ſah, was wieder zu erzählen
Der nicht vermag, der von dort oben kehrt.
Denn, nah'n dem Ziel des Sehnens unſre Seelen,
Das unſern Geiſt zur tiefſten Tiefe zieht,
Dann muß der Rückweg dem Gedächtniß fehlen.

(Dante Paradies I.)

Es iſt alſo unmöglich, daß die Kunſtwerke die Schönheit der Natur übertreffen oder ihr gleich kommen. Aber die Natur iſt am Ende ſelbſt nicht gleich ſchön in allen ihren Theilen, und der Menſch findet eine Ebene, ein Meer, einen Berg ſchöner als eine andere Ebene, ein anderes Meer, einen andern Berg. Die Griechen hatten den großen Vortheil vor uns voraus, daß ſie ein Land bewohnten, wo ſich die Schönheit im Ueberfluſſe, im Himmel und auf der Erde findet. Das Volk, das im Schooße einer ſolchen Natur lebte und das ſeine Ideen von ihr entlehnte, bildete ſich nach und nach nach ihrem Vorbilde; und wie Griechenland gewiſſermaßen eine harmoniſchere Schönheit beſitzt als jede andere Gegend Europas, ſo übertrafen auch die Griechen alle anderen Nazionen in dem Gefühl der

Digitized by Google

Harmonie. Man muß gestehen, die Schönheit dieses Landes enthüllt sich uns nicht am ersten Tage, und es bedarf eines langen Umganges, bis sie sich nach und nach unseren Blicken darbietet; eben so hatte die Kunst des alten Griechenlands den Vortheil, daß sie sich stufenweise vervollkommnete und ihre letzte Schönheit erst erreichte zu einer Zeit, als der gebildete Geist die Harmonie vollkommen begriff und die einfache Schönheit der Natur vollkommen fühlte. Was sie zuerst bemerkten und was noch heute diejenigen bemerken, welche sich in diesem Lande aufhalten, ist das Leben, das in diesen Ebenen, in diesen Bergen, in diesem Himmel herrscht, die Gewalt, mit welcher sich das Klima des Theiles unseres inneren Wesens bemächtigt, welcher die Künste begreift und unsere Gefühle, unseren Geschmack, selbst unsere Gedanken gestaltet. Hat aber einmal die Gewohnheit, im Schoße einer solchen Natur zu leben, so zu sagen das Gleichgewicht zwischen uns und ihr hergestellt, so wird unser Geist nach und nach empfänglich für ihre Schönheit. Die ideale Größe dieser Gegenstände, deren Kleinheit am ersten Tage unsere Verwunderung erregt, die Harmonie des Himmels, der Erde und des Meeres, die richtige Proporzion der Berge, ihre majestätischen ununterbrochenen Krümmungen, Alles, was der Gewaltigkeit und der Würde die Grazie und Zierlichkeit hinzufügen kann, versetzt uns unmerklich in Entzücken und durchdringt uns, unseren Geist erleuchtend, mit einer wahrhaften Liebe. Eben so und in Folge einer ähnlichen Gedankenreihe statteten zuerst die alten griechischen Künstler ihre Tempel mit all der Kraft aus, welche wir noch in ihren Trümmern erkennen, und später, ohne an diesen grandiosen Typen etwas zu mindern, verliehen sie ihnen geschicktere Proporzionen und jene Eleganz der Schönheit, welche wir Grazie nennen. An dem Punkte angelangt, wo der Geist in einem imposanten Ensemble noch den Reiz des Details auffindet, schienen die griechischen Künstler in ihre eigenen Werke verliebt zu sein: so viel Sorgfalt verwandten sie auf die zartesten und verborgensten Theile.

Dergestalt erreichte die Architektur mit der Poesie, der Skulptur und den anderen Künsten unter Perikles jene Vollendung, welche den anderen Jahrhunderten zum Muster diente. Heute machen Viele, welche vielleicht den Neuerungen zu sehr anhängen und nicht daran denken, daß die Veränderung ein Zeichen der Unvollkommenheit für die Vergangenheit oder des Verfalls für die Gegenwart ist, den Griechen den Vorwurf, sie hätten nur eine Architekturgattung gekannt, und wären bei Errichtung aller ihrer Monumente nur einer einzigen Idee gefolgt. Man muß sich von den Fortschritten der Kunst im alten Griechenland Rechenschaft geben, um die Werke des Perikleischen Jahrhunderts gehörig zu würdigen. Weit entfernt, es als ein Zeichen der Ohnmacht des griechischen Genies zu betrachten, daß die Architekten der schönsten Jahrhunderte nichts Neues erfanden, sehen wir vielmehr darin einen unwiderlegbaren Beweis der Größe und der Kraft; die alte Kunst nahm in ihrer Entwicklung mehr wie jede andere einen sicheren und konstanten Gang: von einer kräftigen und harmonischen Natur inspirirt, erfanden die alten Architekten einen großartigen Typus, dessen Trümmer sich noch auf dem umgestürzten Boden Griechenlands finden. Schon in den ersten Modellen sind die großen Naturgesetze mit einer Strenge befolgt, welche uns in Erstaunen setzt; aber wenn eine überlegene Vernunft von seinem Ursprunge an ein Ideal zu begreifen vermag, welches diesen ewigen Gesetzen konform ist, so kommt es nur allmählig durch tiefe Studien und die Gewohnheit, solche Werke zu begreifen und zu beurtheilen, dahin, daß sich das Genie eines ganzen Volkes entwickelt, und daß die großen Künstler, welche tiefer in die Kenntnisse der Natur und der Ursachen ihrer Schönheit eindringen, die kindlichen Ideale ihrer Vorgänger zur wirklichen Vollkommenheit bringen. Diese ununterbrochenen Fortschritte der griechischen Kunst, dieses fortwährende Streben nach Vollendung: das ist der bemerkenswertheste Charakter des antiken Genies und das Zeichen der wirklichen Ueberlegenheit. In Aegypten fand kein ähnlicher Vorgang statt; die Monumente erhielten einmal ihre erste Form, und in deren Veränderungen blieb der Geschmack in absoluter Unbeweglichkeit. Daß die Schönheit hauptsächlich auf der Proporzion beruht, erkannten die Ersten nicht und eben so wenig ihre Nachfolger; wie die ersten Baumeister in dem nämlichen Tempel ohne Maß und Plan Säulen von ungleicher Dicke und Gestalt aufstellten, eben so machten es die späteren, so daß es zur Erkenntniß der beziehungsweisen Alter dieser Monumente das sicherste Mittel ist, nachzusehen, bis zu welcher Höhe der Nilschlamm ihre Basen bedeckt. Dergleichen findet sich nichts im alten Griechenland. Ohne Zweifel hatten die ersten dorischen Tempel Säulen, ein Simswerk, Fron-

Digitized by Google

tons, wie die ſchönſten Werke des großen Jahrhunderts. Aber wenn in dem Tempel des Neptun zu Korinth Kraft war, und wenn er ſchon einen Abdruck der großartigen Natur zeigte, welche ihn inſpirirt hatte, ſo drückt doch der Parthenon dieſe Natur vollſtändig aus, aber auch eben ſo ſehr in ihrer Eleganz und Grazie. Ich bin ein Bewunderer des Neptuntempels; aber um zu wiſſen, was man ſeinem Enſemble hinzufügen oder davon entfernen, wie man die Form der Säulen, Simſe, Frieſe modificiren muß, um einen rohen Typus in ein vollendetes Modell zu verwandeln, oder beſſer geſagt, um die Schönheit in ihre richtigen Proporzionen und ihre vollendete, vollkommene Harmonie einzuſetzen, ſind die unvollkommenen Werke der Vorgänger nur ein ſchwaches Hilfsmittel, wenn man nicht in ſich ſelbſt die Vermuthung hat, welche das Schöne begreift, das Gefühl, welches uns dasſelbe lieben heißt, mit einem Worte das wahre Genie.

Es iſt kein Zeichen der Ohnmacht des griechiſchen Genies, daß die profane Architektur ſich derſelben Elemente bediente wie die religiöſe. Es iſt gewiß ein großer Unterſchied zwiſchen den Wolken des Ariſtophanes und dem Oedipus auf Kolonos des Sophokles; und doch ſind es immer Dialoge mit Chören dazwiſchen, welche immer dieſelben Bewegungen ausführen. Läßt ſich aber ſagen, daß das dramatiſche Genie des Alterthums unfruchtbar war? Gewiß nicht! Aber es gibt Geſetze der Harmonie und Proporzion, welchen ſich die Kunſtwerke immer zu nähern ſuchen. So iſt es in der Architektur, der Malerei, Muſik und Poeſie. Die von den erſten Griechen aufgeſtellten Typen ſchienen ihren Nachfolgern fähig, dieſe ewigen Geſetze auszudrücken, und ſie machten ſich daran, ſie zur Vollendung zu bringen. So war es nach manchen Verſuchen, nach manchen rohen Werken, und nach manchen mit unfruchtbaren Verſuchen angefüllten Jahrhunderten dem Genie eines Phidias, Iktinos, Mneſikles möglich, die beiden in ihrer Gattung ſo verſchiedenen Monumente, wie den Parthenon und die Propyläen zu erſchaffen. Es war nichts Neues in dieſen beiden Meiſterwerken, aber ſie waren in vollkommnerem Maße als die anderen nach dem Bilde der Natur errichtet, wie die Tragödien des Sophokles und die Statuen des Polykletes. Sie gereichten einem Jahrhundert zur Ehre, das ſchon mit Wunderwerken aus allen Gattungen der Kunſt geſchmückt war, und kamen der wahren Schönheit ſo nahe, daß ſie ſowohl alles Frühere übertrafen, als auch den folgenden Jahrhunderten unnachahmlich erſchienen.

Der Parthenon.

(Mit einer Anſicht von dem gegenwärtigen Zuſtande deſſelben auf Blatt **615**.)

Auf der Mitte der ovalen Oberfläche der Akropolis erheben ſich die Ruinen des Parthenon, welcher ein längliches Viereck bildet, deſſen kleine Seiten die Faßaden ſind, von denen die Hauptfaßade der aufgehenden Sonne zugewendet iſt, was in der Orientirung der alten doriſchen Tempel, wenigſtens in denen, welche man auf Bergen erbaute, gewöhnlich nicht ſtattfindet. Vitruv lehrt uns, daß es gebräuchlich geweſen ſei, den Haupteingang auf der Weſtſeite anzubringen, damit es ſcheine, als ob die Statue der Gottheit mit der Sonne aufginge.

Die Länge des Tempels iſt beiläufig 71,60 Meter, die ganze Höhe 30,5 Met. Er iſt von penteliſchem Marmor erbaut; Perikles ſuchte den ſchönſten in den Steinbrüchen aus, und viele Blöcke wurden ausgeſchoſſen, weil entweder die Beſchaffenheit des Materials nicht nach ſeinem Wunſche oder die Bearbeitung des Steines ſchlecht ausgefallen war; in der Nähe des Tempels und in den Mauern der Akropolis ſieht man noch viele Fragmente von Säulen, deren Kannelirungen nicht vollendet wurden. Der Tempel war über einem Unterbau von drei hohen, jetzt drei Stufen bildenden Schichten, zwiſchen denen man noch die Spuren von zwei anderen kleineren wahrnimmt, errichtet. Es war Gebrauch bei den Alten, die Zahl der Stufen eines Tempels ungleich zu nehmen, damit, ſagt Vitruv, der rechte zuerſt auf die untere Stufe geſetzte Fuß auch der erſte auf der letzten Stufe ſei. Die Front des Tempels hat acht, jede der Seiten 17 Säulen; das einzige Beiſpiel des Oktaſtylos, welches die Alten uns hinterlaſſen haben. Dieſer einfache Periſtyl läuft um das ganze Gebäude herum und bildet mit den Tempelmauern einen eleganten Portikus. Eine zweite Reihe von 6 Säulen erhebt ſich an jeder Front auf zwei Stufen hinter den erſten Säulen, und beide laſſen zwiſchen ſich und der Tempelmauer jenen freien

Digitized by Google

Raum, den man für die öſtliche Front Pronaos, und für die entgegengeſetzte Poſtikum nennt. Pronaos und Poſtikum waren mit einem an den Säulen befeſtigten Gitter umgeben, das nur an den Tagen des Feſtes geöffnet wurde.

Das Innere des Tempels war durch eine mit einer Thür verſehene Mauer in zwei ungleiche Theile geſchieden, deren größerer, die Cella, ſich an der Oſtſeite nach dem Pronaos öffnete und der eigentliche Tempel war, welcher die Statue der Göttin enthielt. Der andere Raum führte den Namen Opiſthodomos, und es wurde in demſelben hauptſächlich der öffentliche Schatz, alſo unter dem Schirm der Minerva, bewahrt. Von den Umfangsmauern des Tempels beſtehen nur noch die des Opiſthodomos, die aber auch zur Hälfte eingeſtürzt ſind; diejenigen der Cella ſind verſchwunden, und Trümmer von ihnen liegen um den Parthenon herum. Die in der Cella einen inneren Periſtyl bildenden Säulen ſind zerſtört; doch weiß man es jetzt, daß ſie doriſcher Ordnung waren*). Vier Säulen trugen Fries und das Dach des Opiſthodomos; ſie ſind gänzlich verfallen, und es iſt unbekannt, von welcher Ordnung ſie waren. Erwägt man aber, daß in ähnlichen Tempeln Griechenlands, des ſüdlichen Italiens und Siciliens dieſe Säulen joniſche waren, ſo iſt es auch wahrſcheinlich, daß ſie im Parthenon eine gleiche Ordnung hatten. Leake läßt ſie korinthiſch ſein, weil in dem Schutt des Parthenon ein Kapitäl von Akanthosblättern gefunden wurde; dieſer gelehrte Schriftſteller aber, welcher das Kapitäl nicht geſehen, wußte es nicht, daß es römiſch und ſelbſt aus einer ſchlechten Zeit der Architektur iſt. Zudem ſah man die korinthiſche Ordnung ſelten in Griechenland, und war zur Zeit des Perikles beinahe ungewöhnlich und wenig in Uebereinſtimmung mit dem ernſten Charakter der Tochter des Jupiter.

Seit dem Bombardement der Venezianer läßt der in ſeinem mittleren Theile zerſtörte Parthenon in ſein halb geöffnetes Innere die brennenden Sonnenſtrahlen eindringen. Mit der Hauptfront beſteht der öſtliche Theil der Ruinen aus 14 Säulen, wovon drei an der nördlichen und fünf an der ſüdlichen Seite ſtehen und ihr Gebälk haben. Die weſtliche Gruppe hat außer den Säulen der Front noch an jeder Seite 6 Säulen (die Eckſäulen mitgerechnet), welche durch die Trümmer des Gebälkes und des Frontons miteinander verbunden ſind. Zwiſchen dieſen beiden Gruppen dehnt ſich ein weiter Raum aus, auf welchem nur einige Säulentambours des Periſtyls aufrecht ſtehen geblieben ſind. An den beiden langen Seiten des Gebäudes kann man bemerken, daß die beiden Fragmente des Gebälkes, wenn man ſie unmittelbar eines gegen das andere verlängert, keine gerade Linien bilden; die Säulen aber, welche ſie tragen, haben ihren Platz nicht verändert, der Grund hat nicht nachgegeben, wodurch man ſich durch die Genauigkeit der Steinfugen und den Mangel alles Auseinanderweichens des Grundgemäuers, des Unterbaues und der Stufen des Tempels überzeugen kann. Wären übrigens bei der Exploſion oder durch die Wirkungen der Zeit die beiden Faßaden voneinander gewichen und hätten die nächſten Säulen und ihr Gebälk mit ſich gezogen, ſo würden alle dieſe Säulen nach außen geneigt ſein; man kann aber, ohne Meſſungen vorzunehmen, bemerken, daß das Gegentheil ſtattfindet, und daß die Säulen nach innen geneigt ſind. Es iſt alſo anzunehmen, daß das Gebälk des Parthenon keine gerade Linie bildete, ſondern daß es ſich nach beiden Seiten neigte und daß ſeine Konvexität gegen den Himmel gewendet war. —

Das iſt alles, was jetzt noch von dem architektoniſchen Theil des Parthenons übrig geblieben iſt; der Reſt des Gebäudes liegt zerſtreut um den Tempel herum. Untereinandergemengt ſind Kapitäle, Säulentambours, Steine des Gebälkes und der Mauern. Der Tempel iſt alſo in einem ſehr großen Theile zerſtört. Was aber den Fanatismus*) und die Raubſucht am meiſten reizte, das waren die Skulpturen des Phidias. Durch die Exploſion von 1687 wurde der öſtliche Fronton zerſtückelt und wie zu Pulver zermalmt; von den verſtümmelten und unkennbar gewordenen Sonnenpferden iſt der Kopf eines derſelben übrig geblieben. Der zum

*) Die Stelle der mit dem Meißel gearbeiteten Kannelirungen fanden ſich auf dem Fußboden des Tempels vor. Dank den neueſten Unterſuchungen, iſt man heutigen Tages im Beſitz hinreichender Daten, um mit Gewißheit den größten Theil der auf den ehemaligen Zuſtand des Parthenon Bezug habenden Fragen zu beantworten.

*) Die griechiſchen Tempel und Kirchen zeigen überall die Spuren der türkiſchen Barbarei. Die Köpfe der Statuen wurden abgeſchlagen, und da man die Wandmalereien in den Kirchen nicht herunterreißen konnte, ſo ſchoß man Kugeln auf die Bruſt und die Augen der auf denſelben dargeſtellten Heiligen.

Digitized by Google

großen Theil erhaltene weſtliche Fronton ſchwärzt ſich jetzt in dem Nebel der engliſchen Hauptſtadt; eine der Statuen wurde von den Venezianern hinweggeführt, und die Reſte der beiden andern befinden ſich noch an den Winkeln des Frontons. Es waren 90 Metopen vorhanden, wovon noch 14 auf den beiden Seiten des Gebäudes beſtehen; 15 wurden von Lord Elgin nebſt den dazu gehörigen Triglyphen mitgenommen; eine Metope der ſüdlichen Seite iſt in dem Muſeum von Paris; zwei bewahrt die Akropolis noch auf; alle übrigen ſind verſchwunden. Im britiſchen Muſeum kann man den ganzen Theil des Frieſes ſehen, welchen Moroſini nicht zerſtört hat.

Die Malereien, welche den Tempel ſowohl innerhalb als außerhalb ſchmückten, haben der zerſtörenden Wirkung der Zeit zuerſt nachgegeben. Es ſind davon nur noch Spuren vorhanden, bedeckt von dem gelben oder braunen Staub, den Wind, Regen und Sonne an die Säulen und Wände des Parthenon feſtſetzten. Blau findet man an den Triglyphen, Gelb an den Säulen und an der erſten Schicht des Gebälkes; Mennig war die Farbe auf dem Grunde der Metopen, des Frieſes und des Frontons; grün endlich waren die Gewänder mehrerer ſkulptirter Figuren*). Alle dieſe Farben ſind Mineralfarben, welche die Zeit nicht gebleicht hat; da ſie aber auf dem Marmor ſelbſt enkauſtiſch angebracht waren, ſo iſt eine ſchnelle Zerſtörung derſelben die Folge davon geweſen; denn löſte ſich irgend ein Theil ab, ſo drang der auf den loſe gewordenen Marmor fallende Regen unter den Wachsgrund ein, welcher ſich beim Trockenwerden hob und abfiel.

Im Allgemeinen hat der Parthenon jetzt die Farbe, welche die Natur allem Marmor in Attika gibt; die bedeckten oder ſenkrechten Theile haben einen goldbraunen Ton, welcher wunderbar gegen den Glanz des Himmels abſticht. Wenn beim Anbruch des Tages die Sonnenſtrahlen über den Abhang des Parneß und des Aegaleos hingleiten, ſo erſcheinen die nackten Gebirge von Salamis und die Geſtade von Epidauros in einem roſigen Violett; die Halbinſel Munychia wird feuerroth; bald durchläuft der glänzende Strahl die Höhen der Pnyx und des Areopags und verweilt auf dem Gipfel der Burg, welcher von dem Tempel der Minerva beherrſcht wird. Am Abend ſtreifen die ſchiefen Strahlen der Sonne von dem Pyräos längs der glatten Ebene hin und vergolden und entflammen den Parthenon. Dies ſind Momente im Sommer, in denen man die Ruinen am vortheilhafteſten betrachten kann; in der Mitte des Tages verlängert das vom Himmel fallende Licht auf den Säulen die ſchwarzen Schatten der Kapitäle und Gebälke; alles Uebrige wirft einen Glanz von ſich, den das Auge nicht ertragen kann. Jeder Bruch, jede aufgeriſſene Stelle, jede ehemals durch angebaute Gebäude vor der Luft geſchützt geweſene Säule hat um dieſe Stunde eine blendende Weiße und glänzt wie glühendes Metall. An den übrigens ſeltenen Tagen, wo der Himmel getrübt iſt, erſcheint der Tempel der Minerva grau und dunkel, wie wenn ihn die Göttin niemals bewohnt hätte, und als ob er, gleich dem unterirdiſchen Tempel von Kolonos, für die Eumeniden gebaut worden wäre; wenn aber der Himmel Griechenlands ſeine Pracht wieder annimmt, ſo erſcheinen dieſe von fern und beſonders in der Stunde, wo ſich die Sonne gegen den Horizont neigt, geſehenen Ruinen ſo lebhaft wie am erſten Tage; das reine Licht theilt ihnen ſeine Bewegungen und ſein Leben mit.

I. Die Architektur.

Eine der wichtigſten Eigenſchaften der Architektur des Parthenon und überhaupt des Griechiſch-Doriſchen iſt das Nichtvorhandſein eines gemeinſchaftlichen Maßes ihrer verſchiedenen Theile. Vitruv berichtet, daß geſchickte Leute ſeiner Zeit die doriſche Ordnung als allen Ebenmaßes ermangelnd verdammten. Man gab hierdurch zu erkennen, daß das Verhältniß in den Monumenten ſchlecht begriffen war, denn bei den Werken der Kunſt ſo wenig als bei den Gegenſtänden der Natur beſteht die Harmonie nicht in der genauen Unterabtheilung der einen Theile durch die andern. Es iſt dies ſo wahr, daß der Tempel der Minerva, deſſen Verhältniſſe, allem Gebrauch der Architekten zuwider, unter ſich keine Beziehung haben, nach dem Eingeſtändniß Aller das ſchönſte architektoniſche Werk iſt und bleiben wird. Dieſer bisher ſchlecht aufgeklärte Punkt wurde von Leake in einer unzulänglichen Redensart kaum angedeutet. Der ſchon erwähnte Paccard maß den Parthenon mit der ſorgfältigſten Genauigkeit; es entging ihm kein Detail; Alles gab er getreu durch

*) Den polychromen Dekorazionen des Parthenon ſind noch die Ornamente und Geräthſchaften von vergoldeter Bronze hinzuzufügen, welche von einer großen Zahl von Figuren getragen werden.

Digitized by Google

die Zeichnung wieder *). Jeder kann sich, ohne sein Vaterland zu verlassen, selbst überzeugen, daß zwischen dem Durchmesser und der Höhe der Säulen, nicht minder zwischen diesen beiden Dimensionen und der Höhe der Gebälke und Frontons keine schlichte Uebereinstimmung besteht. Welche Grundsätze haben also Phidias bei dem Bau dieses Monumentes geleitet? Welcher Maßeinheit hat er sich bedient? Hatte er überhaupt eine Maßeinheit? Das ist das Problem, welches die Gelehrsamkeit der Architektur aufzulösen hätte, und das sowohl für die Kunst als für die Wissenschaft gleich interessant sein würde. In der That, wie kommt es, daß der griechische Architekt mit so eigenthümlichen und so viele Schwierigkeiten erzeugenden Verhältnissen ein so wunderbares Resultat hervorbringen konnte? Entweder hatte er ein ursprüngliches Princip, das uns entgeht, oder er besaß ein so wunderbares Genie, das im voraus so eigenthümliche Dimensionen gegenseitig kombiniren und die Schönheit eines solchen Gesammtganzen begreifen konnte.

Der Künstler, welcher Griechenland, das südliche Italien oder Sicilien bereist, ist erstaunt, Tempel zu erblicken, welche an Schönheit denjenigen so weit überlegen sind, die von den Neueren in derselben Art und nach demselben Vorbilde gebaut worden. Es ist wohl wahr, daß der Effekt der Ruinen und der Färbung, mit welcher die Sonne diese Ruine gemalt hat, zu dem Effekt hinzutritt, welchen die Architektur hervorbringt; indeß, ein schöner Tempel ist immer schöner als seine Ruine, und die letztere berührt uns nur in der Erinnerung, welche sie hervorruft. Man kann also nicht sagen, daß, wenn sich die Tempel Griechenlands über die unsrigen erheben, dies eine Täuschung unsrer Sinne sei, welchen es gefällt, die Vergangenheit zu durchwandern, und welche alle Gegenstände schöner finden, wenn sie alt sind. Die Analyse würde solchen Irrthum leicht zerstreuen, wie die Schönheit des Horizontes verschwindet, wenn man seinen Platz verläßt, um sich demselben zu nähern. Bei dem Parthenon im Gegentheil entdeckt die Analyse neue Schönheiten, welche wir bei oberflächlichem Anblick nicht wahrgenommen hätten. Indem Phidias in dem Tempel der Minerva den Begriff der ewigen Dauer ausdrücken wollte, gab er dem Ganzen des Gebäudes die Form, welche dem Auge die größte Festigkeit darbietet. Nun ist die für die Stabilität untauglichste Gestalt diejenige, deren Basis schmal ist, und welche sich oben erweitert und überhängt; man befindet sich durchaus nicht in völliger Gemüthsruhe, wenn ungeheure Felsen auf unserem Haupt zu lasten scheinen und uns durch ihren Fall bedrohen. Für das Auge wie für die Wissenschaft wächst die Stabilität der Körper mit der Ausdehnung der Basis. Die stämmige Eiche ist kraftvoller als die schlanke Palme, und die Pyramide an den Ufern des Nils ist ewig im Vergleich zu dem ephemeren Thurm an den Ufern des Arno. Phidias gab daher seinem Tempel die Form einer abgestumpften Pyramide; er neigte die Mauern der Cella und des Opisthodoms gegeneinander; die Säulen des Peristyls selbst wurden nach dem Innern überhängend gestellt, besonders aber die Eckſäulen, auf welchen das Gebäude hauptsächlich zu ruhen scheint. Derjenige, welcher beim Anblick des Parthenon sich einen klaren Begriff von dem Ganzen des Tempels zu machen sucht, kann sich ein Bündel von geraden Linien vorstellen, welche den Winkeln der Mauern folgen und durch die Achsen der Säulen gehen; diese in Gedanken über das Bauwerk verlängerten Linien nähern sich einander und vereinigen sich in der Höhe der Lüfte; in entgegengesetzter Richtung versenken sie sich in die Erde, entfernen sich voneinander, und scheinen sich auf immer dort befestigen zu wollen. Die Neigung der Mauern und der Säulen ist dem Auge sichtbar; einzeln würde jeder Theil den Einsturz drohen, vereinigt bilden sie ein unerschütterliches Ganze.

Leake und andere gelehrte Engländer haben mit Unrecht geglaubt, daß Phidias die wirkliche Festigkeit und Dauer seines Werks im Auge hatte. Man muß es nie vergessen, daß die Gesetze der Statik nie nach ihrer ganzen Richtung anwendbar sind; bei einem von großen ohne Cement übereinander gelegten und manchmal aufeinander geschliffenen Steinblöcken erbauten Gebäude erhält man die größte wahre Festigkeit, wenn man jedes Stück bloß auf dasjenige lastet, worauf es

*) Lange vor der Messung des Parthenons von Paccard, welche unseres Wissens in das Jahr 1846 fällt, hat schon der ehemallige königl. griechische Regierungsarchitekt Hoffer genaue Messungen sowohl des Parthenons als auch der Propyläen vorgenommen und deren Resultate durch die Allgem. Bauzeitung Jahrg. 1838, S. 249 u. 371, so wie Jahrg. 1841, S. 91 nebst den detaillirten Zeichnungen mitgetheilt, worauf wir den Leser um so lieber verweisen, als sie mit den Bemerkungen des geistreichen Verfassers dieser Abhandlung über die Monumente Athens im Wesentlichen übereinstimmen.

(Die Redakzion).

Digitized by Google

liegt, und wenn es nur ſenkrechten Druck ausübt. Gewölbe ſtürzen vor ihren Widerlagern ein, und Thurmſpitzen neigen ſich, weil ihre Seiten nicht gleichmäßig auf die fingirte Achſe derſelben laſten. Es wäre erforderlich dieſen Punkt feſtzuhalten, denn die Werke gelehrter, für eine Idee aber vielleicht zu ſehr eingenommener Männer haben die falſche Meinung verbreitet, daß die Griechen hauptſächlich auf die Feſtigkeit ihrer Bauwerke bedacht geweſen wären. Es lag gewiß in der Neigung der Griechen zuerſt an die Schönheit zu denken; ohne die Dauerhaftigkeit zu vernachläſſigen, wollten ſie ihren Monumenten eher den Anſchein der Feſtigkeit als die Feſtigkeit ſelbſt geben. Braucht man noch eines anderen Beiſpieles als den Tempel der Minerva?

Die Würde, welche dem Parthenon eigen iſt, glänzt nicht weniger aus ſeinen einzelnen Theilen. Man findet ſie in den Säulen, den Kapitälen, dem Gebälke, in den Thüren ſelbſt. Die Rundung der Säulen des Parthenon entfernt ſich von dem Cylinder und nähert ſich dem Kegel; kleiner in ihrem oberen Theile haben ſie eine breite und auf dem Unterbau feſt aufſtehende Baſis. Der griechiſche Verſtand begriff es von der früheſten Zeit an, daß eine dem Cylinder ſich nähernde Säule, um feſt zu ſcheinen, von einem Piedeſtal getragen werden müſſe, das breiter iſt, als ſie ſelbſt. Er gab der ioniſchen und der korinthiſchen Säule den Fuß, die doriſche Säule genügt ſich ſelbſt und kann ohne andere Beihilfe gerade bleiben. Es liegt alſo in der doriſchen Säule mehr Kraft und Erhabenheit als in den beiden anderen; dieſe ſcheinen in der That auf das Fußbodenpflaſter des Tempels geſetzt zu ſein, während ihre Kannelirungen ſchräg aus dem Boden aufſteigen und ſich mit demſelben ſo zu verbinden ſcheinen, daß ſie von ihm nicht losgeriſſen werden können.

Das doriſche Kapitäl iſt ebenfalls das bedeutungsvollſte von allen dreien. Die Alten, ſagt Vitruv, hatten ſich die ioniſche Säule nach den Verhältniſſen des weiblichen Körpers, nur mehr geſtreckt und ſchwächer, auf der Baſis wie auf einer Fußbekleidung ſtehend und mit ihren eleganten Voluten wie mit Haarlocken geſchmückt gedacht. Wer hat in dem römiſchen Schriftſteller nicht die nette Geſchichte der jungen Korintherin geleſen? Sie war in der Blüthe ihrer Jahre geſtorben. Ihre fromme Ernährerin brachte zu ihrem Grabe einen mit ſolchen Gegenſtänden gefüllten Korb, welche ſie beſonders geliebt hatte. Auf den Stamm eines Akanthos geſetzt, bog der Korb die jungen Blätter um, welche ſich nun an denſelben rund herum legten. Kallimachos ſchöpfte daraus die Idee zu dem korinthiſchen Kapitäl. Weder die eine noch die andere dieſer Ordnungen paßt für die Minerva; ihre Haare ſind mit einem Helm bedeckt und ſtatt des Korbes zieht ſie den Schild vor.

Das Gebälk des Parthenons ſteht mit dem Ueberreſte des Tempels in ſchöner Harmonie; es beſteht aus zwei Schichten, von denen die untere mit goldenen Schildern und Inſchriften geſchmückt, die obere aber durch Triglyphen gleichförmig getheilt iſt, deren viereckige Zwiſchenweiten Skulpturen enthielten. Die Architrave ruhten auf den quadratiſchen Säulendeckeln und legten ſich auf die mächtigen Säulen des Periſtyls. Es iſt hier noch ein Fortſchritt in der Kunſt der Griechen zu bemerken, welcher darin beſteht, daß das Gebälk an dem Tempel der Minerva wohl Stärke aber keine Schwere zeigt; dieſe Stärke iſt keineswegs die eines Gottes wie Jupiter oder Neptun, ſondern die der Göttin, welche Gerechtigkeit einflößt und auch öfters Recht ſpricht, die aber um Schild und Lanze zu tragen, nichts deſtoweniger die Geſtalt der Jungfrau beibehielt. In den früheren Epochen hatte die Kunſt durchaus noch keinen Unterſchied gemacht zwiſchen der intelligenten und der rohen Stärke; man kann bei dem Poſeidonion in Korinth inmitten großartiger Eigenſchaften dieſe Verworrenheit der Begriffe nicht verkennen. Von dem Tempel beſteht weiter nichts als 7 verſtümmelte ſteinerne Säulen mit breiten Kannelirungen, kurzen und ſtämmigen Schaften mit ſtarken und ſchweren Kapitälen; fünf davon tragen einen Architrav, der die Säulen zu erdrücken ſcheint. Dies ſind die Mängel jener hohen Eigenſchaft, der Kraft. Dieſe Säulen ſagten ohne Zweifel dem Neptun, dem mächtigen aber noch barbariſchen Gotte jener Epoche zu; für die Zeit des Phidias aber paſſen ſie nicht mehr.

Eine analoge Vergleichung wird die Schönheit der Eingänge des Parthenons hervor treten laſſen. Man kennt das doriſche Monument von Mykenä, das Grab des Agamemnon; das Hauptgemach hat die Form eines Bienenkorbes oder einer überhöhten Kuppel, deren Krümmung ſich nach oben zuſammenzieht; in einem Hügel gegraben, erhält es ſein Licht durch eine Thür mit einer darüber befindlichen dreieckigen Oeffnung, in welcher ehemals wahrſcheinlich ein Basrelief

Digitized by Google

ſeinen Platz hatte. Die drei Thüren des Parthenon haben wie die von Mykenä die Formen des doriſchen Stils; um mit der koniſchen Figur der Säulen und der Neigung der Mauern in Uebereinſtimmung zu treten, mußten ſie an dem unteren Theile breiter ſein und erhielten demnach eine Breite und eine Würde, welche den rechten Winkeln unſerer modernen Thüren nicht eigen ſind. Hier aber wie überhaupt hatte das Doriſche zu fürchten, den Ernſt mit dem Schwerfälligen zu vertauſchen. Die Thüren von Mykenä ſind zu niedrig, um anmuthig und elegant zu ſein; ſie haben dieſelben Eigenſchaften wie der Tempel zu Korinth; ſie haben aber auch dieſelben Mängel. Phidias, der in der Schutzgöttin Athens die Hoheit und die unendliche Anmuth einer unſterblichen Jungfrau, der Tochter Jupiters, vor Augen hatte, wollte ihr eine Wohnung geben, deren ſämmtliche Theile angenehm waren. Daher die Erhabenheit der doriſchen Thüren; um ihnen aber auch Eleganz zu geben, richtete er ihre zu ſtark geneigten Gewänder etwas wieder auf, und vermehrte deren Höhe.

So begeiſterte die in dem Zeitalter des Perikles in ihren Analyſen ſchärfere Wiſſenſchaft, die in ihren Dogmen gereinigtere Religion, das lebhaftere Gefühl für Schönheit große Männer zu Werken, die in ihren Theilen nicht weniger vollendet als in ihrem Ganzen vollkommen waren. Dieſes Jahrhundert erfand keine Kunſt; es vervollkommnete ſie alle; es verdrängte bei den alten Gewohnheiten die Mängel ihrer Eigenſchaften; die Schwierigkeiten ſelbſt wurden zu neuen Schönheiten, und während Säulen, Architrave, Thüren anmuthigere Formen annahmen, war die Unmöglichkeit gleiche Metopen mit gleich weit entfernten Säulen — dieſe dem doriſchen Stil anhaftende Schwierigkeit, welche die römiſchen Architekten zur Verzweiflung brachte — zuſammenfallen zu laſſen, eine Gelegenheit für die Griechen, ihren Tempeln mehr Ernſt und Würde zu verleihen.

Dies ſind ſowohl im Ganzen als im Einzelnen des Gebäudes die hauptſächlichſten Vorzüge, durch welche es unſere Seele erhebt, indem in derſelben der Begriff der göttlichen Macht und der unendlichen Dauer erweckt wird; ſehen wir nun auch, was es für Vorzüge in ſich faßt, die uns erfreuen und ergreifen. Die Schönheit iſt nicht bloß eine der Vollkommenheiten der Göttlichkeit, die von allem andern verſchieden und getrennt iſt; ihr ganzes Weſen iſt ſchön, und es gefällt dem menſchlichen Geiſte ſtets es zu verſtehen. Wenn Aphrodite die Schönheit ſelbſt iſt, ſo ſind Jupiter, der Vater der Götter, Minerva, Apollo, Diana deshalb nicht der Schönheit beraubt; den einen iſt die männliche Schönheit mit kühnen hervortretenden Formen, den andern die weibliche Schönheit und die Zartheit abgerundeter Umriſſe eigen. Die Griechen hatten es ſeit langer Zeit begriffen, daß in der Architektur wie in allen anderen Kunſtzweigen die krummen Linien und runden Flächen ſchöner ſind als gerade Linien und Ebenen; ſie glaubten ihren Tempeln Regelmäßigkeit genug zu geben, wenn die imaginären Linien, die ihre Form beſtimmen, wie die Neigung der Mauern und der Säulenachſen, bloß gerade Linien wären; einer höhern Eingebung zufolge krümmten ſie die faktiſchen Linien in der Schwellung der Säulen, bei den Architraven, den Stufen der Frieſen, woraus hervorgeht, daß, wenn die allgemeine Form des Parthenon die einer abgeſtumpften Pyramide iſt, die Kanten dieſer Pyramiden krumme Linien ſind, und mit Ausnahme gewiſſer, oder innerer oder zu kleiner Theile, an denen eine Krümmung nicht wahrgenommen werden kann, am Parthenon keine geraden Linien zu finden ſind. Da wir an Nachahmungen des griechiſchen Stils gewöhnt ſind, bei welchen alle Linien mit Richtſcheit und Setzwage beſtimmt worden, ſo ſind wir beim Anblick der Originaltempel Griechenlands erſtaunt, und vermögen die Urſache des unendlichen Vergnügens nicht zu entdecken, das ſie uns gewähren; unſer Auge iſt zuerſt erfreut, und verfolgt ohne Mühe jene Stufen, Gebälke und Frieſe; der Architekt mißt dann die Verhältniſſe der einzelnen Theile und entdeckt nun bald die geheimnißvolle Urſache des Vergnügens. Die griechiſche ganz von der Natur geſchaffene und vom Anfang an von ihr begeiſterte Kunſt krümmte die Stufen und die Fußböden der Tempel, ihre Architraven und Frieſe, ſelbſt die Grundlinien der Frontons, wie die Natur das Meer, den Horizont gekrümmt und die Scheitel der Gebirge abgerundet hat. Die geneigten Mauern der Cella und des Opiſthodoms waren aus krummlinigen Schichten ausgeführt, um mit den übrigen Theilen des Monuments in Uebereinſtimmung zu treten und um die Kaſſettendecken des Periſtyls aufzunehmen.

Die griechiſche Kunſt gelangte demgemäß nach und nach zu all ihrer Vervollkommnung, nachdem ſie von der erſten Zeit an die Kraft offenbart, die ihr inne-

Digitized by Google

wohnt; was das Werk der Jahrhunderte hinzuthat, beſtand hauptſächlich in der Genauigkeit der Verhältniſſe, woraus die Anmuth entſpringt. Daſſelbe iſt der Fall bei den Werken der Skulptur, bei denen die Umriſſe der Körper anfänglich hart und ſtreng waren, wenn man hauptſächlich Erhabenheit und Großartigkeit ins Auge faßte; ſpäter aber wurden die Glieder freier, die Formen abgerundeter, die Bewegungen elaſtiſcher und natürlicher; ſelbſt die Kraft des Herkules ſchloß die Grazie nicht aus. Um alſo mit der Kraft die Eleganz beizubehalten, mußten die doriſchen Säulen ſehr ſchlanken Kegeln gleichen, und vergleichen wir die jetzt in Griechenland noch beſtehenden miteinander, ſo gewinnen wir bald die Ueberzeugung, daß ihnen die Stärke niemals ermangelt, und daß ſie beſonders an Anmuth gewonnen haben. Wenn die Stärke in der Stämmigkeit des Schaftes liegt, ſo herrſcht dagegen die Eleganz in ſeiner Länge und Leichtigkeit. Die Säulen des Poſeidontempels zu Korinth haben zur Höhe kaum das Zweiundeinhalbfache der Kapitälbreite; derſelbe Fall iſt es bei einigen auf den Straßen von Megara liegenden Säulenſtücken. Dieſe Säulen aus einer weit früheren Epoche als der des Parthenon haben mehr anſcheinende Stärke als die des Phidias; ſie iſt aber eine etwas rohe Stärke, welche ebenſowohl in der Maſſe als in der Form beſteht, wie die Stärke der kykloſiſchen Mauern von Tirynth oder Mykenä im Vergleich mit der Großartigkeit der rieſenhaften aber regelmäßig bearbeiteten Blöcke der unteren Pnyxmauern. Das Genie, das die erhabene Minerva von Elfenbein ausführte, wußte bei den Säulen ſeines Tempels die beiden Charaktere der Göttin, die männliche Größe der Intelligenz mit der Grazie der weiblichen Schönheit zu verbinden.

Die Griechen weihten der Gottheit die ſchönſten Werke ihres Verſtandes, und von allen, welche bis auf unſere Zeit gekommen, ſind es die Tempel ihrer Götter, welche durch Erhabenheit und Pracht alle anderen überragen. Die Menſchen errichten alles, was ſie erbauen, für ſich ſelbſt, und um in ſich das religiöſe Gefühl zu beleben, widmen ſie ihrem Gott Altäre, deren er nicht bedarf. Der Geiſt erhebt ſich zu ihm durch Gefühl und Begriff, und das Vergnügen des Hörens und des Sehens trägt für ſeinen Theil ebenfalls zu der Schönheit des Tempels und zu dem Effekt der religiöſen Ceremonien bei. Die griechiſchen Künſtler kannten alles das, was das Auge zu erfreuen vermochte. Das Licht iſt ſchöner als die Finſterniß, denn es iſt ein Bild der Intelligenz. Um Minerva zu ehren, entwarf Phidias einen offnen Tempel, in welchen die Sonne frei ihre Strahlen warf; die von der Göttin bewohnte Cella bildete unter dem Himmel einen offnen Raum, und die Statue der Göttin war in demſelben aufgeſtellt; an jeder Seite erhoben ſich zwei Reihen übereinander ſtehender Säulen, wovon die unteren zweimal höher waren als die oberen und getrennt durch einen mit anmuthigen Gliederungen unterbrochenen Architrav, und ein anderer Architrav, lag über den Säulen der zweiten Reihe. Ihre Zahl betrug 10 an jeder Seite; im Hintergrund der Cella hinter der Statue der Göttin waren keine Säulen, wohl aber ſtand eine Säule an jeder Seite des Einganges, was den Periſtyl in dieſem Theile kompletirte. Dieſe beiden Säulenreihen bildeten einen majeſtätiſchen und eleganten Portikus, in welchem ohne Zweifel die von Verehrern geſchenkten Gemälde und die Porträts einiger großer Männer hingen, die ſich als Retter des Vaterlandes ausgezeichnet. Vitruv zufolge waren die Kannelirungen der innern Säulen bei den Alten mehrfacher, weil die Säulen kleiner waren als die äußern; das Auge hatte demnach mehr krumme Linien zu verfolgen, und das Gebäude gewann dadurch an Größe und Eleganz. So gaben auch die griechiſchen Künſtler den Eckſäulen der Tempel größere Stärke, nicht wie Wilkins meinte — der den Parthenon hauptſächlich vom Standpunkt der ſtatiſchen Geſetze aus ſtudirte, — um die Solidität derſelben zu vermehren, ſondern wie Vitruv lehrt, weil dieſe Säulen durch den Glanz des Himmels ſchwächer erſcheinen. Dieſe Vervollkommnung der Theile trug beſonders zu der Anmuth des Ganzen bei, und derſelben Idee gehört die außerordentliche Sorgfalt an, mit welcher die Säulentambours aufeinander geſtellt wurden. Niemand iſt es unbekannt, daß, um die Fugen derſelben ſo viel als möglich verſchwinden zu laſſen, ſie wie eine Marmorplatte geſchliffen wurden, zu welchem Zweck man zwei Tambours durch eine Achſe von Cedern- oder Olivenholz miteinander verband, um welche ſie gedreht wurden; die leichte Reibung des dazwiſchen gelegten Sandes machte die Berührungsflächen glatt, die Säule erſchien als Monolith, und ſelbſt jetzt noch entdeckt ein ſcharfes Auge ihre Fugen nicht leicht. —

Digitized by Google

II. Die Skulpturen.

Im Vorhergehenden haben wir die Elemente kennen gelernt, aus denen die Architektur des Parthenon beſteht. Das Gebälk des äußeren Periſtyls wurde außer den goldenen Schildern und den dazwiſchen geſetzten aus bronzenen Buchſtaben beſtehenden Inſchriften am Architrav mit Skulpturen in Hautrelief oder Metopen verziert, die in die Falze der Triglyphen des über den Architrav vorſpringenden Frieſes eingeſchoben wurden. Dieſe Metopen waren von der Hand des Phidias gearbeitet, oder wenigſtens waren ſie von ſeinen Schülern, lauter tüchtigen Künſtlern, nach den Zeichnungen des Meiſters ausgeführt worden. Sie nahmen um den Tempel eine Reihe von 92 Rechtecken ein, und in jedem derſelben befanden ſich einige Figuren; an jeder Faßade ſah man 14, und an jeder Seite 32 ſolcher Rechtecke. Sie repräſentirten hier zahlreiche Epiſoden aus dem Kentaurenkriege, dort den Kampf der Pallas mit den Giganten, oder den Pegaſos, der den Helden Bellerophon auf ſein Hintertheil aufnehmen mußte, ferner den Amazonenkampf, in welchem die von Minerva unterſtützten Athenienſer den Sieg davon getragen.

Dieſe Skulpturen bildeten ein hauptſächliches Ornament des äußeren Gebäudes; die ganze Beſchreibung davon kann mit Gewißheit nicht gegeben werden, denn ſelbſt vor der Exploſion und dem Einſturz des mittleren Tempeltheils waren die Metopen verſtümmelt; die Türken, denen in ihrem Haſſe die Ruinen der antiken Religion der Griechen und die Monumente des Chriſtenthums eins waren, hatten ihre Verwüſtungen denen der Zeit hinzugeſellt; den Figuren ſchlugen ſie die Köpfe ab, und viele vorſpringende Theile nahmen ſie herunter, wobei ſie in Stücke zerfielen. Der von den Barbaren und der Zeit am meiſten verſchonte Theil iſt der der ſüdlichen gegen den Phaleros zugewendeten Seite; der Franzoſe Carrey ſtellte ihn in ſeinen Zeichnungen ganz dar, ohne etwas von dem Geſehenen zu ändern, und nur aus der Abſicht, den damaligen Zuſtand der Metopen zu konſtatiren. Viele davon ließen ſich reſtauriren; bei den übrigen aber iſt ſolches den Vermuthungen und der Geſchicklichkeit der Künſtler anheim geſtellt. Die Metopen ſtellten, ſoviel man wenigſtens nach den zu ſehr verſtümmelten Reſten beurtheilen kann, die allgemeinen Eigenſchaften des Parthenon im Kleinen dar, und obgleich für die Ornamentik des Tempels beſtimmt, erinnerten ſie entweder in Folge der Wahl der Gegenſtände oder wegen ihrer ſchwungreichen und einfachen Konzepzion an den Adel und den Reiz des ganzen Gebäudes.

Man kann nicht nach Verdienſt von den beiden Frontons reden, welche ganz dazu gemacht waren, bei dem Anblick des ganzen Gebäudes das Auge zu erfreuen, die aber in ſich ſelbſt betrachtet mit Allem zu vergleichen ſind, was die Bildhauerkunſt jemals Vollkommenes hervorgebracht, oder wohl gar daſſelbe übertrafen. Zeit und Barbaren haben die Statuen des Phidias verſtümmelt oder zerſtört; an dem aber, was davon übrig geblieben, erkennt man noch an der Schönheit der Formen, an der Grazie der Bewegungen, an dem Leben, was die bedeckten aber durch die Gewänder nicht verſteckten fleiſchigen Theile beſeelt, die wunderbare Kunſt des Bildhauers *). Die Mitte des öſtlichen Frontons iſt für immer verſchwunden, und es iſt nichts davon übrig geblieben. Dort ſaß Jupiter auf einem Throne und Pallas ſchwebte über ſeinem Kopfe; auf einer Seite ſtieg der Titan Hyperion aus dem Meere auf und führte den Tag zurück, während im entgegengeſetzten Winkel der Wagen der Nacht ſich in dem weſtlichen Oecan verlor. Die Sonnenroſſe, ſagt Viſconti, wieherten vor Ungeduld; bei denen der Nacht iſt das Leben noch in ihren verſtümmelten Köpfen. Adde aquam, natabunt, ſagt Martial. Herkules halb liegend auf einem Felſen und ihm zur Seite Ceres und Proſerpina, welche nebeneinander ſitzen, bilden den Pendant zu den drei Parzen, jenen Göttinnen, welche ſelbſt bei der Geburt der Götter gegenwärtig ſind. Iris, welche aufrecht neben der Ceres ſteht, verbreitet die Kunde in der Welt, daß Minerva geboren iſt, während die Siegesgöttin ſitzt, um ihre unzertrennliche Gefährtin zu ſein.

Im weſtlichen Fronton waren Poſeidon und Minerva kämpfend um den Schutz Attikas dargeſtellt. Der Gott des Meeres zieht ſich überwunden zurück, und Minerva ſchickt ſich an, ſeinen Wagen wieder einzuholen. Vom Poſeidon iſt nur der Rumpf übrig geblieben, Minerva iſt halb zerſtört und hat ihre Waffe von vergoldeter Bronze verloren; die Zeit hat dieſe beiden Statuen verſtümmelt, hat ihnen aber die Spu-

*) Um die Kompoſizion dieſer Frontons kennen zu lernen, muß man auf die Zeichnungen von Nointel und auf die Fragmente des britiſchen Muſeums verweiſen.

Digitized by Google

ren ihrer urſprünglichen Schönheit gelaſſen. Links führt die ungeflügelte Viktoria den Wagen der Göttin und korreſpondirt einer nackten Figur, welche vielleicht Kekrops, den König von Athen, darſtellt. Neben der Viktoria ſitzen Hephäſtos und Aphrodite, und in den Winkeln des Frontons richtet ſich der halbliegende Ilyſſos auf ſeinem linken Arm in die Höhe und ſcheint bei der Nachricht von dem Triumph der Minerva vor Freude außer ſich zu ſein. Rechts waren die dem Neptun geneigten Götter: Amphitrite, Palämon, Leukathea, Latona, welche auf ihren Knieen die Dioskuren hält. Mit den Metopen und den Frontons bildete der um den Tempel im Innern des Peripterys und an den Mauern der Cella und des Opiſthodomos laufende Fries beiläufig alles, was an Skulptur für die äußere Ornamentik aufgewendet war; nur die Löwenrachen, welche an den Ecken des Gebäudes das Regenwaſſer ausſpieen, einige künſtlich gearbeitete Verzierungen und die lieblichen Anteſixen, welche das Gebälk bekrönten, ſind dahin noch zu rechnen. Jedermann iſt es bekannt, daß an dem Fries das große Feſtgepränge des Panathenäons dargeſtellt war. Der Aufzug theilte ſich in zwei Reihen, in der einen Männer, in der anderen Frauen; alle gingen von Weſten nach Oſten an den beiden Seiten des Tempels und vereinigten ſich in dem Pronaos der öſtlichen Faßade über dem Eingange. Im Centrum wohnen die Prieſterin der Minerva, die Gemahlin des Archonten und Königs und der Archont ſelbſt den Opfern bei. Die eine empfängt von zwei Kanephoren Gegenſtände, die für den Kultus beſtimmt und mit einem Schleier bedeckt ſind, während die andere aus den Händen eines mit dem ſchwarzen Kriegsmantel bekleideten Ephebos mit Würde den Peplos empfängt. Auf ſechs Stühlen rechts und links ſitzen 12 Götter oder Heroen. Jupiter, der Vater der Götter, Minerva mit der geflügelten Viktoria, Triptolemos, Ceres und die Dioskuren nehmen den Raum links, Aeskulap und ſeine Tochter Hygiea, Neptun, dann die beiden Töchter Kekrops's, Aglauros und Pandroſos mit dem König Erechtheus den rechten Raum ein. Alle dieſe Figuren überragen an Größe die ſchwachen Sterblichen. Der Marſch der Prozeſſion wird hier und da durch Beamte, Chorführer und durch 6 junge Frauen, welche Kandelaber tragen, eröffnet; hinter ihnen folgen die Jungfrauen von Athen mit Gefäßen, Opferſchalen von vergoldeter Bronze und allen Opfergeräthen; der Künſtler gab ihnen verſchiedene Stellungen und gruppirte ſie mit einer merkwürdigen Kunſt. An den beiden Ecken des Gebäudes folgen Perſonen mit Stieren und Widdern, die von den Demen Attikas geſandt wurden; hinter ihnen rücken rechts und links die Metopen vor, die Fremden, welche in der Stadt aufgenommen ſind und zu dem religiöſen Feſtgepränge zugelaſſen wurden; ihre Frauen tragen Seſſel, die für die vor ihnen gehenden jungen Athenienſerinnen beſtimmt ſind; Flöten- und Lautenſpieler antworten dem Geſange der Jungfrauen oder begleiten ihn, und endlich gehen Olivenzweige tragende Greiſe dem Zug der Wagen voran, welche mit zwei, drei, oder auch vier Pferden beſpannt ſind und von den Siegern der öffentlichen Spiele geführt einen Theil des Feſtgepränges bilden. Hinter den Wagen drängt ſich an der weſtlichen Faßade des Tempels die Maſſe der Bürger vor. Dieſe verſchiedenen Gruppen, mehr als 40 an der Zahl, gehören der großartigſten Kompoſizion an, welche vielleicht je von einem Bildhauer erdacht worden.

Wenn ich es hier verſucht habe, eine Idee von den Skulpturen des Parthenon zu geben, ſo geſchah dies nur in der Abſicht, um den Beweis zu führen, mit welcher Kunſt Phidias dieſe Ornamente zur Erhöhung des Totaleffektes des Gebäudes angewendet hat; es waren keine einzelnen Skulpturen, die man an jedem anderen Gebäude hätte anbringen können; ſie bilden ein zuſammenhängendes Ganze, das ſich durchaus auf den Kultus der Göttin bezieht. Bei mehreren gothiſchen Monumenten iſt es ein großer Fehler, daß ſie mit Ornamenten jeder Art beladen ſind, die man nicht bloß ohne Kunſt ausgeführt hat, ſondern die auch zur Religion gar nicht paſſen, im Gegentheil oft unverträglich mit ihr ſind. Die byzantiniſche Kunſt, von der das moderne Griechenland uns zahlreiche Beiſpiele liefert, die weniger originell ſind als das Gothiſche, hatte einige Tradizionen der antiken Kunſt Griechenlands beibehalten, und erſcheint wie ein zur unrechten Zeit aufgebrochener Sprößling derſelben; bei ihren Ornamenten hatte ſie eine gewiſſe, wenn auch künſtliche, jedoch wahrhafte Ordnung angenommen; jeder Malerei wurde ihr Platz angewieſen. Ein koloſſaler Chriſtus nahm die Mitte der Hauptkuppel ein, und über dem Altar ſteht Maria, ſeine Mutter; an den Wänden ſieht man rechts und links die Engel, die Apoſtel, die Märtyrer; über dem Haupteingange befindet ſich das

Digitized by Google

jüngſte Gericht. Zwiſchen der Laune, welche alle Dinge untereinander wirft, und der Gewohnheit, welche dem Genie keinen Platz einräumt, gibt es eine Mittelſtraße, und ohne ungerecht zu ſein, kann man behaupten, daß die griechiſche Kunſt allein dieſe richtige Maßregel gekannt hat. Es war gebräuchlich, daß die Skulpturen eines Tempels Begebenheiten darſtellten, die auf den Kultus der Gottheit Bezug hatten; Sache des Phidias aber war es, die Gegenſtände nach ſeinem Belieben zu wählen und ſie in dem Tempel nach einer von ihm ſelbſt erdachten Anordnung zu vertheilen, was zur Folge hatte, an dem Parthenon das darzuſtellen, woraus der Kultus der Göttin im Weſentlichſten beſteht, und auſtatt ohne Einſicht die kleinen Gegenſtände zu vertheilen und eine Chronik oder einen Kommentar zu ſkulptiren, wählte er die hauptſächlichſten Momente der Religion der Athenienſer. Aeſchylos erzählt als Metaphyſiker die Geburt der Minerva, „der weiſen Herrſcherin, der wahren Tochter Jupiters.“ Plato ſchildert als Poet, wie der unkörperliche, unerſchaffene Geiſt Gottes die Tochter Gottes ſelbſt iſt, des Vaters von Allem, was beſteht, der ewigen Vorſehung, welche die Welt regiert. Phidias drückt dieſelbe Idee in der ſtummen, jedoch ſehr verſtändlichen Stimme der Architektur und Skulptur aus. Man findet in ſeinem Werke dieſelbe Kraft, dieſelbe Einfachheit, dieſelbe Anmuth wieder, wie in den Verſen des Dichters und in den Dialogen des Philoſophen; man erblickt hier denſelben Geiſt, man empfindet dieſelben Gefühle; es iſt der göttliche Geiſt des Jahrhundert des Perikles.

III. Die Malereien.

Wir gehen nun zu dem vielleicht ſchwierigſten und am meiſten beſtrittenen Punkt der Reſtaurazion griechiſcher Tempel über; ich meine den Gebrauch der Alten, ihre heiligen Gebäude zu bemalen. Es gibt heutigen Tages nicht Einen Gelehrten, welcher dieſen Gebrauch nicht kennt und ihn als eine beſtimmte Thatſache gelten läßt. Dennoch iſt aber dieſe Kenntniß noch nicht allgemein verbreitet; alle die Stellen in den alten Schriftſtellern, in welchen von den Malereien der Tempel die Rede iſt, werde ich hier nicht anführen. Dikäachos ſpricht von den enkauſtiſchen Farben, welche die Faßaden und Veſtibule der Gebäude von Tanagra ſchmücken; Joſephos behauptet, daß die Kaſſetten der Tempel gemalt oder ſkulptirt waren; von Vitruv erfahren wir, daß man die Triglyphen blau malte; Plinius erzählt, daß Protogenes die Propyläen gemalt habe. Alle dieſe Dokumente ſind in unſern Tagen von Gelehrten geſammelt worden. Raoul-Rochette hat für die Malerei auf Holz gekämpft, und trotz aller aufgewandten Mühe hat er anerkennen müſſen, daß die Tempel enkauſtiſch gemalt waren. „Die Exiſtenz gemalter Tempel,“ ſagt er, „in allen Epochen der Civiliſazion und an allen Punkten ihres Bereiches iſt heutigen Tages keinem Zweifel mehr unterworfen, wenigſtens im Principe und nicht in dem, was das Detail betrifft, deſſen ſichere und poſitive Löſung durchaus noch nicht erfolgt iſt.“ Die beſte und einfachſte Art, die verſchiedenen ſtreitigen Punkte zu berichtigen, war die, die Tempel ſelbſt ſorgfältig zu unterſuchen. Der Herzog von Serra di Falco hat in Bezug auf die ſiciliſchen Tempel viele Malereien geſammelt und dieſelben in ſeinem gelehrten Werke delle antichità de Selinonte deponirt. Einige Studien wurden in Griechenland und Aſien, beſonders in Athen gemacht; am Theſeustempel erblickt man überall Spuren von Malereien, eben ſo wie an den Propyläen. Der Architekt Paccard hat mit der größten Sorgfalt alle Stellen des Parthenon aufgezeichnet, wo ſich Farben vorfinden; und er vermochte daher beinahe den ganzen äußeren Theil des Tempels zu reſtauriren. An den Säulen fand er gelben Ocker, an den Triglyphen Himmelblau, und der Hintergrund der Metopen und der Frontons waren Mennig; Grün hatten einige Gewänder; mit dem Spitzeiſen ſah er auf dem Marmor die Zeichnung aller Ornamente mit den Reſten ihrer urſprünglichen Farben vorgezeichnet. Dieſer Theil der Reſtaurazion des Tempels war bis jetzt unvollſtändig oder hypothetiſch, iſt aber jetzt keinem Irrthume mehr unterworfen. Die Dekorazion des Innern läßt ſich nur vermuthen oder durch Vergleichung mit andern Tempeln Griechenlands ergänzen. Außer den Schlüſſen dieſer Art, die von einem geſchickten Manne gemacht werden können, läßt es ſich annehmen, daß das Innere des Parthenons mit dem Aeußeren in Uebereinſtimmung war, und daß es bei einer gleichfallſigen direkten Sonnenbeleuchtung beiläufig dieſelben Malereien hatte.

Es kann alſo der Gebrauch, die Monumente im Alterthum zu malen, jetzt nicht mehr in Zweifel gezogen werden. In dem modernen Europa, wo man ſelten die Gewohnheit hat, Kirchen, Paläſte und Wohngebäude zu malen, iſt man verwundert, daß zur Zeit des So-

Digitized by Google

phokles, Plato, Praxiteles aus den Händen des Phidias ein mit Farben bemalter Tempel hervorgegangen ſei, welcher eine Statue von Gold und Elfenbein enthielt, die öfters mit einem geſtickten Mantel bedeckt wurde. Wenn wir uns nun eine Vorſtellung von den gemalten Monumenten Griechenlands zu machen verſuchen und wir in manchen Ländern der Jetztzeit ſehen, mit welchem ſchlechten Geſchmack noch die Statuen der Jungfrau und der Heiligen bekleidet werden, nachdem die Mauern und Gewölbe der Kirchen gefärbt ſind, ſo kann ſich unſer Geiſt der ungünſtigen Eindrücke nicht erwehren; es ſcheint, als ob wir Griechenland in einem neuen Lichte erblicken und daß unſere alte Bewunderung für dasſelbe verſchwinde. Indeſſen jedes Land hat ſeine eigene Natur, ſeinen allgemeinen Anblick, ſeine Wärme, ſein Licht. Die Dispoſizion der Gebirge mit ihren lang gedehnten Abhängen, ihren ſteilen Einſchnitten oder ihren tiefen Schluchten, die Farben, in denen ſie ſich in den verſchiedenen Tagesſtunden zeigen, ihre nackten und von der Sonne entzündeten Flanken, oder ihre abgerundeten und mit Grün bedeckten Kuppen, die Ebene, welche ſie begrenzt, der Himmel, der ſie bedeckt, das Meer, das ſich in anmuthiger Nachläſſigkeit um die ſandigen Ufer herumzieht, oder an die ſteilen Felswände brandet: alle dieſe Naturerſcheinungen geben den Landſchaften verſchiedenen Charakter. Nur eines vielleicht wechſelt auf unſerer Erde in gleichmäßiger Art ab, die Vertheilung des Lichtes nämlich und der Wärme, welche kraftlos und ſtumpf im Norden, lebhafter und durchdringender im Süden ſind. Derjenige, welcher im Begriffe ſteht, das kalte und neblige England zu verlaſſen, um nach wärmeren und lichtvolleren Gegenden zu ziehen, und ſich fragt, was er wohl zu ſehen bekommen wird, denke ſich am Horizonte eine in der Luft ſchwebende Licht- und Feuerkugel; mit jedem Schritte nähert er ſich mehr dieſem Urquell des Lebens; die ſchiefen Strahlen werden zu ſenkrechten; Licht und Wärme, anſtatt an ihm und ſeinem Erdboden nur hinzuſtreifen, durchdringen ihn vielmehr zugleich mit dem Boden, worauf er ſteht, und mit der Luft, die ihn umgibt, bis er endlich unter dem Geſtirne ſelbſt angelangt, in den Glutwellen wohnt.

Griechenland iſt freilich nicht das Land der Erde, wo die Sonne am feurigſten ſcheint, und obgleich die mittlere Temperatur in dieſem Lande höher iſt als in Frankreich, ſo iſt die große Wärme im Sommer nicht bedeutender als die in den ſüdlichen Provinzen Frankreichs und ſelbſt die mancher Tage in Paris. Der Winter aber iſt wärmer, der Sommer länger, die Gebirge ſind trockner und dem Meere näher gelegen; mit einem Worte die Luft iſt unendlich trockner und die Atmoſphäre reiner. Derjenige, welcher zur Zeit der Solſtizien von Paris nach Athen kommt, und in der „Republik des Plato“ die erſten Seiten des ſiebenten Buches lieſt, wird ohne Zweifel glauben, ſeine eigene Geſchichte zu leſen, und würde ſich in den Menſchen der Höhle ſelbſt erkennen. Wenn wir die Hälfte unſeres Lebens an den feuchten Ufern der Seine und in dem Schatten jenes Himmels zugebracht, ſo ertragen unſere an ein halbes Tageslicht gewöhnten Augen nur mühſam den Glanz einer neuen Sonne; jede weiße oder geglättete Fläche, der im hellſten Lichte uns erſcheinende Himmel, der trockne und ſteinige Boden Attikas, alles, was in der Ebene von Athen glänzt, thut den zarten Augen des Nordländers weh. Uebrigens ſind die Griechen im Sommer nicht minder empfindlich für die intenſiven Sonnenſtrahlen, und wenn ſie in der heißen Jahreszeit alle Oeffnungen ihres Hauſes verſchließen, ſo geſchieht das nicht allein einer angenehmeren Kühle wegen, ſondern auch um ein milderes Licht zu ſuchen.

Es iſt daher nicht zu verwundern, wenn die alten Griechen ihre Tempel malten, denn es geſchah eben aus dem Grunde, ihren Glanz zu mildern. Und in der That, man muß nur im Norden gelebt haben, das Auge muß an die Nacht gewöhnt ſein, um zu glauben, daß die Tempel in Griechenland weiß bleiben können. Nachdem man ſich in neuerer Zeit mit dem Studium der alten Tempel beſchäftigt, hat man gefunden, daß die Mauern inwendig und auswendig, Säulen, Gebälke, Skulpturen, mit einem Wort, der ganze Tempel mit Wandmalereien bedeckt war, welche die Weiße des Marmors ganz verſchwinden ließen. Gelb fand man an den Säulen, Blau an den Triglyphen; die Farben waren ſchichtenweiſe enkauſtiſch aufgetragen; die der Luft ausgeſetzten Theile ſind vom Staube bedeckt, die an den Wänden befindlichen aber haben ihren Glanz beibehalten. Die ganze Stärke dieſer Lagen beträgt beiläufig einen Millimeter. Es war ſonach der Gebrauch die Tempel zu malen in Griechenland allgemein, und man findet Spuren davon faſt in allen Ruinen dieſes Landes; die Wandmalerei ſpielte eine große Rolle in

Digitized by Google

der griechiſchen Architektur; es gaben die glänzenden Farben, mit denen die Tempel bedeckt waren, ihnen einen eigenthümlichen Charakter, und nahmen ihnen alle Aehnlichkeit mit dem in Europa nach demſelben Vorbilde erbauten Gebäuden, woran es an Beiſpielen nicht fehlt. In der That läßt z. B. nichts kälter als die Magdalenenkirche in Paris; die weißen und matten Farben ihrer Steine in Verbindung mit der Grobheit des Materials, der Härte der Linien und beſonders des grauen Lichtes, das ſich über die Säulen und die Gliederungen ausbreitet, machen ſie zu einem großen todten Körper, der niemals ein Leben geathmet hat. Und dennoch iſt ſie im Allgemeinen nach antiken Monumenten und beſonders nach den Verhältniſſen des olympiſchen Jupitertempels in Athen erbaut worden. Warum ſind alſo die Säulen dieſes letzteren, welche von den Seewinden angegriffen und von Menſchenhand verſtümmelt worden ſind, heutigen Tages noch ſo poetiſch und großartig? Sie haben unſtreitig eine ſchönere Form und beſſer verſtandene Verhältniſſe; indeſſen verdanken ſie einen großen Theil ihrer Schönheit dem Lichte, das ſie umgibt, und der goldenen Farbe, mit der ſie von der Zeit bedeckt worden ſind.

Es iſt ein großer Irrthum, wenn man glaubt, daß die griechiſchen Monumente weiß geblieben ſind und jetzt die Farbe des Marmors haben. Wenn der Marmor unter jenem leuchtenden Himmel ſeine urſprüngliche Farbe bewahren könnte, ſo würde es in Griechenland mehr als einen vor Glanz blendenden Berg geben, denn der Marmor iſt dieſem Lande ſo gemein als in unſeren Ländern die gröberen Kalkarten, die Schiefer und die Granite ſind. Der dürre Hymettos iſt mit ungeheuren Lagen von weißem oder grauem Marmor bekrönt; der Parneß und der Aegaleos beſtehen meiſt ganz daraus, und der Pentelikon iſt noch jetzt berühmt durch den ſchönen Marmor ſeiner Abhänge und ſeines Gipfels; die Sonne aber, welche dieſe Felſen beſtreicht, hat ſie mit ihren Strahlen gefärbt, und die ganze Natur Griechenlands iſt in ihren Farben gemalt. Bei dem hohen Stande der Sonne nehmen die vertikalen Flächen der Felſen das Anſehen der zur Ernte bereiten Getreidefelder und der gereiften Früchte an, und es ſcheint, als habe der Himmel, indem er die abgerundeten Flächen wie ein Schleier umgibt, ſeine Farbe und ſeine Durchſichtigkeit daran zurückgelaſſen. Der Marmor von Attika bleibt alſo nicht weiß, und hätten die Griechen ihre Gebäude nicht gemalt, ſo würde es die Natur für ſie gethan haben; die antiken, auf den geſchliffenen Flächen angebrachten Malereien ſind verſchwunden, der Marmor hat ſeine weiße und folglich ſeine natürliche Farbe wieder angenommen, und mit dieſer brennenden und lebhaften Farbe ſind ſie bis auf uns gekommen. Sie iſt es zum großen Theil, welche jenen Ruinen eine ſo große Schönheit mittheilt; die Säulen des Olympions beſitzen nicht die Reinheit des Minerventempels, beim Anbruch des Tages aber erweckt das in ihren vergoldeten und wie die Finger der Hand, wenn man ſie gegen die Sonne hält, durchſichtigen Kannelirungen ſpielende Licht in der Seele den lebendigen Begriff des Schönen.

So bewunderungswürdig nun auch die Färbung iſt, mit welcher die Natur dieſe Monumente geſchmückt, ſo iſt es doch begreiflich, daß die Griechen das Bedürfniß fühlten die Dekorazion derſelben durch Malerei zu vervollſtändigen. In der That iſt die den Ruinen angehörige Farbe beinahe immer dieſelbe der Gegend, wo ſie ſich befinden, der Natur ſelbſt, unter deren Macht ſie ſo zu ſagen wieder zu Staub wurden; die Natur aber genügt dem Menſchen nicht, er fühlt in ſich das Bedürfniß, etwas nach ſeiner Art zu erzeugen, und in einem einzigen Gegenſtand gewiſſermaßen die Schönheit wiederzugeben, deren Züge er um ſich herum zerſtreut findet. Die Griechen ſchienen dieſes Bedürfniß mehr als jedes andere Volk empfunden zu haben, ſei es nun, daß Gott ſie vom Anfange an anders erſchuf als uns, oder aber, was wahrſcheinlicher iſt, es lieferte ihnen ihr Land größere Bilder und folglich einen klareren Begriff der Schönheit. Sie gehorchten der Natur, und weil in Griechenland Alles gemalt, glänzend und belebt iſt, ſo bildeten ſie ihre Tempel nach dieſem Vorbilde.

Wenn nun aber die Griechen den Glanz der heiligen Gebäude milderten, ſo beabſichtigten ſie doch keineswegs jenen Schein über ſie zu verbreiten, wie er ſich über das düſtere Moos der nordiſchen Tempel legt. Das reine Schwarz abſorbirt die Sonnenſtrahlen und wird nur durch die übrigen leuchtenden Gegenſtände ſichtbar gemacht, ſo daß mitten in der Nacht alles verſchwindet. Die für das Licht leidenſchaftlich eingenommenen Alten widmeten die Finſterniß den hölliſchen Mächten; ſchwarz iſt die Farbe der Trauer und der Traurigkeit; der Tod iſt der Polyxena nur

Digitized by Google

furchtbar durch die Nacht, die ihn umgibt, und was die junge Antigona beweint, welche noch lebend unter die Erde befördert wurde, iſt das reine Licht des Tages, das ſie nicht mehr erblicken ſoll. Der helle Tag iſt in den Augen der Griechen heilig; auf erhabenen Orten hat er ſeine Altäre; er jagt die dunkle Nacht von Berg zu Berg, wie ſpäter Helios, der Seher mit leuchtendem Gewande, den ſchwarzen Dämon verfolgt, indem er die Gipfel mit ſeinen Füßen berührt. Pallas iſt eine olympiſche Gottheit, auch ſie liebt das Licht; ſie hat ihre Tempel in den hochgelegenen Burgen, und der Aufenthalt, den ſie vorzieht, iſt die Akropolis von Athen. Von dem Innern ihrer leuchtenden Wohnung aus beſchirmt ſie ihr geliebtes Volk; ſie hält die ſchwarzen Töchter der Nacht, die Eumeniden, welche die unterirdiſchen Höhlen des Tartarus bewohnen und niemals die weißen Gewänder der Freude tragen, von ihm entfernt. Dieſe haben ihren Tempel im Hintergrunde des Kephiſſosthals unter dem Hügel von Kolone, wo ſie ihr ſchwarzes Gift kochen. Man bringt ihnen Libazionen ohne Wein, karge Sühnopfer, nächtliche Gaſtmale in einer Stunde dar, in welcher man die übrigen Götter niemals anruft. Pallas empfängt die Wünſche der Menſchen mitten am Tage; die heilige Schaar ſchreitet an den blumigen Ufern des Ilyſſos einher; Männer und Frauen ſind mit reichen Gewändern geſchmückt; die Freude ſtrahlt von ihren Geſichtern; die Leier und die Flöte begleiten die Geſänge, und endlich kommen ſie wie verblendet von der Gluth des Tages an dem Fuße des im Lichte ſchwimmenden Tempels an.

Auf ſolche Art brachten die Griechen ihre Tempel und ihre Feſte in Uebereinſtimmung mit dem Charakter ihrer Gottheiten. Man kann nicht genug über die wenigen Beiſpiele der korinthiſchen Ordnung, die man bei ihnen findet, erſtaunen, und es erſcheint ſo, als ob die etwas affektirte Armuth dieſer Architektur nicht Größe und Adel genug in ihren Augen gehabt hätte und ihren mächtigen Gottheiten nicht genügend geweſen wäre. Höchſtens hätte ſich dieſe Ordnung für ihre Helden oder Halbgötter geeignet, welche aus der Menſchheit hervorgegangen ſich der göttlichen Erhabenheit nur nähern konnten. Die doriſche Ordnung war hauptſächlich den Göttern und Göttinnen gewidmet, deren vorherrſchender Charakter die Kraft und die Hoheit war; die joniſche Ordnung eignete ſich für diejenigen, bei denen die Anmuth und die Milde die hauptſächlichſten Eigenſchaften ausmachten. In der Epoche, in welcher der Parthenon erbaut wurde, hatten die in Bezug auf Philoſophie und beſonders in Bezug auf Auslegung ihrer Dogmen geſchickten Griechen einen hohen Begriff von Gott; die weiſeſten unter ihnen — und die Künſtler gehörten zu dieſer Zahl — hatten die Eigenſchaft der Göttlichkeit analyſirt und gründlich erörtert; indem ſie ſie von der Materie frei machten, bildeten ſie daraus den idealen Typus des Wahren, des Guten, des Schönen. Da aber in Griechenland der Menſch ganz für ſeine Werke lebt, ſo trennte ſich der klare Verſtand, jener νοῦς, welcher bei Leibnitz und Descartes den Begriff ſo leicht ohne Verſinnlichung, ohne Materie erfaßt, nicht ſo leicht von der Einbildung und von den äußern Eindrücken; jedes Attribut, jeder Ausdruck Gottes hüllte ſich ſogleich in eine wahrnehmbare Form; um von den Menſchen verſtanden zu werden und die Natur in ihren Augen zu beſeelen, mußte die Gottheit ihre Geſtalt annehmen und unter ihnen wohnen.

Von allen Tempeln Griechenlands drückt der Parthenon in ſeiner Geſammtheit und ſeinen einzelnen Theilen unſtreitig am beſten den göttlichen Charakter aus. Das Bild der Minerva erhob ſich in einer Umfaſſung, welche anmuthig geſchmückt und reich war wie die Wohnung ihres Vaters. Sie erſchien inmitten derſelben ganz ſtrahlend vom Licht, rein und wolkenlos wie der Geiſt Gottes, den ſie ausdrückt. Man erkannte in ihr den ewigen Verſtand, der mit Weisheit richtet und alle Dinge kennt. Sie war nicht in dem Dunkel des mütterlichen Schoßes erzeugt worden; welche Göttin in der That hätte jemals einen ſolchen Sprößling hervorgebracht? An feierlichen Tagen erſchien die Göttin mit dem wollenen, von den Jungfrauen Athens geſtickten Mantel von orientaliſcher Purpurfarbe, und die Säulenweiten waren mit Blumenguirlanden geſchmückt. In dem Augenblicke, in dem ſich der Pronaos öffnete und das den heiligen Zug begleitende Volk in der Mitte der Cella die in den Sonnenſtrahlen erglänzende Statue erblickte, welche durch ihre Erhabenheit ihren ganzen purpurnen und goldenen Aufenthalt beherrſchte, wer wollte da nicht die Tochter Jupiters anbeten?

Die doriſche Ordnung, welche wegen der Ernſthaftigkeit ihres Stils vortheilhafter für die Götter als für die Göttinnen angewendet wurde, eignete ſich am

Digitized by Google

beſten als jede andere für die Minerva. In der That iſt ſie nicht die Göttin, welche von ſich ſelbſt ſagt: „ich habe keine Mutter, welche mir das Leben gegeben hat; ich gebe dem männlichen Geſchlechte den Vorzug; es beſitzt mein ganzes Herz, jedoch nicht bis zum Hymen,“ womit ſie nach der Meinung der Alten ausdrücken wollte, daß die höchſte Intelligenz ewig iſt wie Gott ſelbſt, deſſen erſtes Attribut ſie iſt? Von ſo hohem Grade iſt der Ernſt und ſo zu ſagen die Männlichkeit dieſer Göttin, daß ſie Armeen kommandirt und den Schutz ihres Vaters denjenigen ſichert, welche ſie mit ihren Flügeln bedeckt. Auch war die koloſſale Statue des Parthenon mit Schild und Lanze bewaffnet, und in ihrer Hand trug ſie die Viktoria; Phidias hatte ſelbſt auf dem Elfenbein und dem Golde ihres Gewandes und ihrer Waffen ähnliche Gegenſtände ſkulptirt wie die ſind, welche den Tempel ſchmückten. Der doriſche Stil, welcher Vitruv zufolge aus der Nachahmung des menſchlichen Körpers und Charakters entſtand, eignete ſich alſo mehr als jeder andere für einen Tempel dieſer großen Göttin.

Es iſt ſchwierig ſich eine Architektur zu denken, welche fähiger wäre, ſich in Harmonie zu ſtellen mit dem Charakter einer Göttin und deren Eigenſchaften auszudrücken, als die Architektur des Parthenon. Welche übrigens auch die Unvollkommenheiten der griechiſchen Religion ſein mögen, ſie hatte vor den modernen Religionen den Vortheil, die Attribute der Gottheit zu perſonificiren und dem Künſtler zu geſtatten, jedes dieſer Attribute unter einer eignen und ſehr beſtimmten Form darzuſtellen. Die Kunſt konnte alſo für jede Mythe eine Tradizion aufſtellen, welche ſich durch die Wiſſenſchaft und Religion ſelbſt läuterte und ihre Vervollkommnung erreichen mußte, wenn der Begriff von Gott ſeine größte Klarheit erlangt hatte. Ohne Zweifel hat aus ſolchem Grunde ein und daſſelbe Jahrhundert der römiſchen Geſchichte die beſten Werke jeder Art entſtehen ſehen. Bei der modernen Religion dagegen, bei denen der Begriff von Gott von jeder fühlbaren Form frei iſt, kann weder der Bildhauer und der Maler, noch der Architekt denſelben darſtellen. Drückt der Architekt dieſes oder jenes Attribut Gottes in dieſem oder jenem Theile ſeines Tempels aus, ſo bricht er die Einheit ſeines Werkes; wenn er an einem Gebäude nur das eine dieſer Attribute ausdrückt, ſo kommt er in Widerſpruch mit den Ceremonien, in welchen Gott ganz und gar verherrlicht wird, und ſein Werk iſt heidniſch. Drückt er endlich Alles in Allem, Gott ganz und gar in dem ganzen Tempel aus, ſo unterdrückt er den Begriff thatſächlich, indem er ihn verdunkelt und ihn durch ein verworrenes Gefühl der Gottheit erſetzt. Auch kann man mit einigem Rechte behaupten, daß in der gothiſchen und byzantiniſchen Architektur alles unbeſtimmt und dunkel iſt, während in der griechiſchen Architektur alles klar und beſtimmt erſcheint. Dieſe erhielt ihre Vollkommenheit unter den Händen des Phidias und Iktinos, jene bezeichnen die Zeiten des Verfalls und der Barbarei; die eine iſt im Lichte geboren, die anderen ſind Töchter der Nacht; indeſſen muß man ſich fügen, denn von allen Architekturen ſtimmt die griechiſche am allerwenigſten mit der chriſtlichen Religion überein, und nur das muß als eine Wahrheit anerkannt werden, daß der Parthenon nicht nur das Meiſterwerk der antiken Tempel, ſondern auch das ſchönſte Monument der kirchlichen Architektur in Europa iſt.

Digitized by Google

Die silberne Monstranz in der Kirche zu Tiefenbronn im Großherzogthum Baden.

Aufgenommen und mitgetheilt von A. Essenwein.

(Mit Zeichnungen auf Blatt **616**.)

Zwei Stunden von dem gewerbfleißigen Städtchen Pforzheim in Baden liegt im Gebirge der Marktflecken Tiefenbronn. Der Flecken, jetzt ohne Bedeutung, scheint früher, wo er den Herren von Gemmingen gehörte, die theils daselbst, theils in dem eine halbe Stunde entfernten Schlosse Steinegg wohnten, eine größere Bedeutung gehabt zu haben, wie dies wenigstens die Kunstgegenstände folgern lassen, welche die dortige Kirche umschließt. Diese, im Anfang des fünfzehnten Jahrhunderts erbaut, hat ein dreischiffiges Langhaus mit hölzerner gerader Decke, überhöhtem Mittelschiff, gewölbtem Chor, und einen neben dem Chor stehenden Thurm. Sie ist 140′ lang, im Innern 60′ weit, im Chor 30′. Achteckige Pfeiler trennen die drei Schiffe der einfachen Kirche, von der nur einzelne Theile, wie das Hauptportal, architektonischen Werth haben. Mit der Kirche war vor der Reformazion ein Kanonikatsstift mit sieben Stiftherren verbunden, das über mehrere Orte Pfarrecht hatte und mit dem ein Asyl in Verbindung stand. Gehört die Kirche selbst nicht zu den bedeutenderen, so umschließt sie wie gesagt um so werthvollere Kunstwerke.

Sie enthält fünf Altäre von Holz geschnitzt und bemalt, von deren Malereien einige zu den bedeutendsten Leistungen mittelalterlicher Kunst gezählt werden müssen. Der Hauptaltar, von ziemlichem Umfange, enthält mehrere figürliche Schnitzwerke, reich bemalt und vergoldet, unter geschnitzten Rahmen und Baldachinen. Die Darstellungen sind in zwei Reihen übereinander angeordnet. Die Mitte der obern Reihe im Schreine selbst nimmt die Kreuzabnahme ein, die Mitte der untern Reihe Maria mit dem Leichnam Christi. Zu beiden Seiten der Abnahme stehen die heil. Katharina und die heil. Elisabeth, zu den Seiten der Pietà Johannes der Täufer und der Evangelist. Um diesen Schrein zieht sich ein Rahmen herum, in dem zehn Engel und die Wappen von Baden und Württemberg enthalten sind. Unter dem Baldachin über dem Schrein steht ein Crucifix, daneben zwischen Thürmchen Maria und Johannes. Die Flügel sind auf beiden Seiten bemalt; die innere Seite des linken Flügels enthält in der obern Reihe die Verurtheilung Christi, darunter die Kreuztragung, der rechte die Auferstehung, darunter die Grablegung. Die äußere Seite des linken Flügels enthält die Verkündigung, darunter die Geburt Christi, die des rechten Flügels die Heimsuchung und die drei Könige. Auf der Hinterwand des Schreines ist gemalt der Erzengel Michael, die Heiligen Christoph, Antonius und Sebastian, darunter Johannes, Maria, ein Engel und ein Crucifix. An den Seiten des Schreines sind die Bilder der heil. Margaretha von Cordova und der heil. Apollonia. Unter dem Schreine, unmittelbar über dem Altartisch, sind die Brustbilder von Gott Vater und der zwölf Apostel; auf der Hinterseite des Sockels die vier Kirchenväter. Eine Inschrift des Altares lautet:
Anno domini 1469 Jare ward disi dafsel uff gesetz und ganz usz gemacht uff sanct Steffastag des bapst un ist gemacht ze Ulm von hanszē Schüchlein maler.

Außerdem stehen in der Kirche vier kleinere gemalte und geschnitzte Flügelaltäre, der Peter Paul-Altar vom Jahre 1417, der der heil. Maria Magdalena 1431, von Lucas Moser, maler von Wil, der Kreuzaltar 1524, St. Wendelins-Altar, erneuert 1688. Die Aufzählung aller hier dargestellten Heiligen und Legenden würde zu weit führen. Außerdem sind im Chor noch Stühle der Stifts- und Gutsherren aufgestellt. 55 Grabmäler der Herren von Gemmingen vom Jahre 1420—1797 sind in der Kirche eingemauert. In den Chorfenstern sind einige Reste von Glasmalereien enthalten. In der Sakristei, erbaut 1422 als Kapitelhaus und Bibliothek, erneuert 1463 von Maister Balthasar, befindet sich ein geschnitzter Schrank mit der Jahrzahl 1464. Auch die blechernen Thürbeschläge sind einiger Aufmerksamkeit werth.

Das bedeutendste Kunstwerk ist jedoch die auf Blatt **616** dargestellte in ihrer Art einzige Monstranz von gediegenem Silber, 19½ Pf. schwer. Weder die Jahreszahl noch des Verfertigers Namen läßt sich angeben, indem man sie vergeblich zerlegt hat, um Zeichen oder Namen

Digitized by Google

zu finden. Doch läßt ſich aus dem Stil ſchließen, daß ſie aus der zweiten Hälfte des fünfzehnten Jahrhunderts herrührt. Sie enthält 42 freie Figürchen, die ſich wegnehmen laſſen; außerdem das Lamm Gottes und die Symbole der vier Evangeliſten. Am Fuße ſind vier altteſtamentliche Gegenſtände gravirt: Abraham, in Begriff ſeinen Sohn zu opfern, das Oſterlamm, Melchiſedeks Opfer, das Manna in der Wüſte; Bezüge auf das Opfer des neuen Bundes. In der Mitte der Monſtranz, unmittelbar auf dem Glaſe, das die Hoſtie umfaßt, iſt das Abendmahl dargeſtellt, darüber der Leichnam Chriſti im Schoße Mariens, zu oberſt die Auferſtehung, ſo daß ſich ein ſymboliſcher Gedanke durchs Ganze hinaufzieht. Die übrigen Figürchen ſtellen verſchiedene Heilige, Patriarchen, Propheten u. ſ. f. dar. Bei a b c ſind netzartige Gewölbchen zwiſchen die Bogen eingelegt, die zugleich die Boden des nächſten Aufſatzes bilden. Ueberraſchend ſind die ſchönen Verhältniſſe des Werkes, der Formenreichthum der verwickelten Architektur und die zierliche genaue Arbeit, ſo daß auch die Ausführung wie die Erfindung der Architekturtheile und Figuren einen bedeutenden Künſtler verräth.

Ein ſo ſeltenes Kunſtwerk erfuhr natürlich auch mancherlei Schickſale; es wurde nöthig, die Monſtranz zu verbergen, oder ſie mußte in Geldverlegenheiten durch Verſatz aushelfen.

So wurde ſie im Jahre 1681 in Stuttgart verſetzt, jedoch bald wieder ausgelöſt, worauf, wie ſich aus der Rechnung ergibt, im Ganzen 799 fl. 17 kr. verwendet wurden, einſchließlich des Hin- und Hertragens mit je 1 fl. und Verzehrung in Stuttgart 8 fl. 37 kr. Um dieſe Auslöſung zu ermöglichen, legten 32 Bürger 304 fl. 10 kr. zuſammen.

Im Jahre 1716 wurden 14 fl. 10 kr. bezahlt, um die Monſtranz von Konſtanz zu holen. Sie ſoll dort nebſt Heimathsſchein in einer Kiſte einer Rumpelkammer gefunden worden ſein.

1720 wurde ſie nach Weyl geflüchtet und dafür bezahlt: „ſie an Weihnachten bei üblem Wetter herauszutragen 20 kr. und dieſelbe wieder bei üblem Wetter hineinzutragen 20 kr.“

Ueber die Kirche und die Kunſtgegenſtände hat Herr Pfarrer Weber zu Tiefenbronn, erzbiſchöflicher Dekan, im Jahre 1845 eine kleine Schrift von 20 Seiten veröffentlicht, der die oben genannten Daten entlehnt ſind, worin auch die Altäre ausführlicher beſchrieben und Aktenſtücke mitgetheilt ſind.

Die neue katholiſche Kirche des heil. Dionyſios zu Athen.

(Nebſt Zeichnungen auf Blatt **617** und **618**.)

Da die katholiſche Gemeinde in Athen und deſſen Umgebung ſich ſo vermehrt hatte, daß die jetzige kleine Kirche ihr nicht mehr Genüge leiſten konnte, ſo reifte der längſt gehegte Wunſch der Erbauung einer dem Bedürfniſſe entſprechenden katholiſchen Kirche zum Entſchluſſe, und es ward vorerſt eine Kollekte in allen katholiſchen Ländern Europas veranſtaltet, welche der Biſchof von Syra, als Primas von Griechenland, lebhaft förderte. Die Reſultate derſelben waren aber günſtig genug, um an die Verwirklichung des frommen Strebens Hand legen zu können.

Es erging alſo an den Hrn. Geheimenrath Ritter von Klenze in München die Aufforderung, Entwürfe zu dieſer Kirche zu machen, und nach mehreren vorläufigen Bearbeitungen des Gegenſtandes ward demſelben ein genaues Programm über den Umfang und die kirchlichen Bedürfniſſe von dem Biſchofe von Syra zugeſchickt, welchem die Beſtimmung Sr. Majeſtät des Königs Otto zur Seite ſtand, daß dieſe am Fuße des Berges Lykabettos zu erbauende Kirche in Form und Stil römiſcher Baſiliken gehalten werden ſolle.

Dieſes war die Veranlaſſung zu dem Entwurfe, welcher auf den beiliegenden **Blättern 617 u. 618** dargeſtellt iſt und durch dieſe mit Hinzufügung folgender Erläuterungen hinreichend deutlich gemacht werden wird:

1. der Hauptaltar, dem heil. Dionyſios Areopagita geweiht;
2. Altar der heil. Madonna del Carmine;
3. Altar des heil. Otto;
4. Altar des heil. Papſtes Pius V.;
5. Altar des heil. Publius, Märtyrer;

Digitized by Google

6. die Stufen zum Hauptthore nebst Balustrade;
7. die Kanzel;
8. Sakristei mit Ausgang ins Freie 9.;
10. Aufgang von außen zur Orgel über der Sakristei;
11. Taufkapelle;
12. Vorplatz, über welchem die Tribune der katholischen Minister angebracht ist;
13. Aufgang zu derselben von außen;
14. Glockenthurm;
15. die drei Kirchenthüren;
16. äußerer Portikus;
17. Chor;
18. Hauptschiff und
19. Nebenschiffe.

Es erübrigt nur noch Einiges über die Motive zu sagen, welche den Beschluß herbeigeführt haben mögen, die Basilikaform und den römischen Baustil für diese Kirche zu wählen.

Diese Motive ruhen wohl zunächst auf geschichtlichem Boden und beseitigen jedes direkte Urtheil, jede Würdigung anderer Baustile und Arten, welche für den katholischen Kirchenbau im Laufe der Jahrhunderte in Anwendung gekommen sind.

Es war nämlich Griechenland, als der heilige Paulus auf dem Areopag predigend dem längst verehrten unbekannten Gotte den Namen des Christengottes gab und die ersten Bekehrungen bewirkte, von welchen uns die Apostelgeschichte *) den Philosophen Dionysios und ein Weib Damaris namhaft macht; es war damals, als in Folge dieser Bekehrung der heilige Apostel Paulus den ersten seiner Bekenner Dionysios zum Bischof von Athen weihte, Griechenland eine römische Provinz und die Stadt der Minerva eine römische Stadt. Die neu zu erbauende Kirche ward aber unter die Invokazion dieses ihres ersten Bischofs gestellt, und seine Weihe ist der Gegenstand des Bildes, welches den Hochaltar ziert.

Dadurch scheint nun allerdings eine gültige geschichtliche Motivirung des gewählten Baustils gewonnen zu sein, um so mehr, wenn man erwägt, daß seit jener Zeit wohl keine katholische Kirche mehr in Athen erbaut ward und mithin kein lokaler Anhaltspunkt für irgend eine andere Bauart gegeben ist. Wenigstens haben wir weder ein plastisches, noch, soviel uns bekannt, ein geschichtliches Zeugniß für den Bau katholischer Kirchen in Griechenland, und es scheint, daß die fremden, wenn auch katholischen Herrscher, welche nach und nach in Athen festen Fuß faßten, sich, wie bis jetzt König Otto, begnügten, kirchliche Gebäude der orientalischen Konfession für den katholischen Gottesdienst so gut als möglich einzurichten.

Die Bauart, welche in den zahlreichen Kirchen, die Athen besaß und noch besitzt, angewendet ward, die byzantinische nämlich, ist weder zweckmäßig für die katholische Liturgie, noch an und für sich von positivem architektonischen Werthe, wie Alles, was byzantinisch heißt, untergeordneter Natur und von schmacherfüllter Erinnerung für Griechenland ist. Zwar kann man mit Recht sagen, daß auch die römische Oberherrschaft keine Epoche nazionalen Ruhmes für Griechenland genannt werden kann; aber dennoch war dieses Land unter den occidentalischen Kaisern, wenn auch in seiner politischen Existenz vernichtet, noch hochgeehrt, bewundert, Athen als der geistige Mittelpunkt des ungeheueren Reiches betrachtet, und Griechenland stand hocherhaben über dem Zustande, worin es unter der schmachvollen Herrschaft der byzantinischen Eunuchen-Regierung gerieth.

Diese Berücksichtigungen mögen also wohl hinreichen, um die Wahl des römischen Baustiles für eine katholische Kirche in Athen in historischer Beziehung zu rechtfertigen.

Um so mehr ist dieses aber der Fall, da sich derselbe gewiß mehr als irgend ein anderer für das Basilikaschema eignet, welches, so wie es uns überliefert ward, wohl unbestreitbar für kirchliche Zwecke verwendet, noch sicherer aber in den ersten Zeiten des im römischen Reiche anerkannten und siegreichen katholischen Christenthums bei dem Neubaue der Kirchen befolgt wurde.

Aus diesen Berücksichtigungen scheint nun unzweifelhaft hervorzugehen, daß auch der römische Baustil am paßlichsten für das römische Basilikaschema verwendet wird. Den Beweis für die allenfalls hervortretende Behauptung: daß die römisch-byzantinischen Bauweisen und Bauformen in der Basilika-Kirche irgend eine wesentliche, mehr als zufällige Begründung und Geltung haben als der römische Baustil, möchte wohl schwer zu führen sein, und wenigstens für den vorliegenden Fall ohne irgend eine Spur von historischer, kirchlicher oder artistischer Begründung bleiben. Daß aber die Basilikaform auch diejenige ist, welche sich für die katholische Liturgik am besten eignet, weil

*) Kap. XVII V. 34.

Digitized by Google

dieſe letzte an der erſten ihre urſprüngliche Ausbildung erhielt, ſcheint ſo unbezweifelt, daß es überflüſſig ſcheint, noch Weiteres darüber zu ſagen; und es iſt hier nicht der Ort, in einen Vergleich mit den gothiſchen Domen des fränkiſch-nordiſchen Mittelalters, denen wir übrigens ihren Werth nicht abzuſprechen beabſichtigen, einzugehen.

Die Dionyſios-Kirche in Athen iſt im Laufe des verwichenen Sommers begonnen und wird nach den, in allem Detail der architektoniſchen Formen und Zierden von Hrn. von Klenze gegebenen Entwürfen von einem griechiſchen Architekten, welchen langer Aufenthalt in Italien und Reiſen in Deutſchland dazu befähigen, ausgeführt.

Die bewegliche Kuppel des Obſervatoriums in Paris.

(Mit Zeichnungen auf Blatt **619**.)

Die Sternwarte von Paris liegt zwiſchen den Straßen St. Jacques und d'Enfer an dem ſüdlichen Ende der großen Avenue gegenüber vom Palaſt Luxembourg oder dem Palaſte der Pairskammer.

Nach der Gründung der Akademie der Wiſſenſchaften fühlte man die Nothwendigkeit, um die Arbeiten ihrer neuen Mitglieder zu befördern, ein Laboratorium für die Chemie und ein Obſervatorium für die Aſtronomie zu errichten. Das Laboratorium wurde in einem zweckmäßigen zur königlichen Bibliothek gehörigen Gebäude angelegt, und nach manchen Unterſuchungen und Verhandlungen entſchloß man ſich zu der Wahl des Platzes für das Obſervatorium, den es jetzt einnimmt. Colbert beauftragte den Architekten Claude Perrault mit der Ausarbeitung des Entwurfes zu dieſem Gebäude, das im Jahre 1667 begonnen und am 14. September 1671 vollendet war, nachdem es einen Koſtenaufwand von mehr als 2 Millionen Livres erfordert hatte.

Der Grundriß des Gebäudes iſt ein Rechteck von 15 Toiſen in ſeiner größten Länge von Oſten nach Weſten und 13⅔ Toiſen in der Richtung von Süden nach Norden. An den Ecken der ſüdlichen Faßade erheben ſich zwei achtſeitige Thürme oder Pavillons, welche dieſer Faßade ein größeres Anſehen geben; an der Nordſeite liegt ein 4 Toiſen breiter Vorbau, wo ſich der Haupteingang befindet. Das Aeußere dieſes Gebäudes ſpricht den ſeiner Beſtimmung anpaſſenden Charakter aus; die innere Eintheilung aber iſt keineswegs zweckmäßig.

In neueſter Zeit ſtellte Arago in der Deputirtenkammer das Anſuchen zur Bewilligung eines Kredits von 94000 Fr. zur Errichtung einer drehbaren hemiſphäriſchen Calotte, um in derſelben die ſtärkſten Fernrohre bequem aufzuſtellen und die ſeit einigen Jahren entdeckten großen aſtronomiſchen Phänomene beobachten zu können. Dieſer Antrag wurde bewilligt.

Die neue bewegliche aus Eiſen und Kupfer erbaute Kuppel (Blatt **619**) nimmt das große parallaktiſche Fernrohr auf, deſſen Ausführung Herrn Brunner übertragen worden. Die Wände ſind mit Ausnahme eines Einſchnittes, welcher die Kuppel in zwei Hälften theilt, feſt, indem er durch den obern Theil geht und nach Belieben geöffnet werden kann, um dieſen oder jenen Punkt am Himmel zu ſuchen.

Da indeſſen die Umdrehungsbewegung der Erde den Beobachter in die Nothwendigkeit ſetzt, jeden Augenblick die Richtung ſeines Inſtrumentes zu ändern, ſo folgt einerſeits die Kuppel dem Gange der Geſtirne, indem ſie ſich auf Rollen dreht, die wie ſie in einer runden Eiſenbahn laufen, und anderſeits folgt der im Centrum auf einem unbeweglichem Plateau geſtellte parallaktiſche Fuß des Fernrohres derſelben Bewegung, jedoch ohne Erſchütterungen, auf eine vollkommen regelmäßige Art, was durch einen beſondern Mechanismus hervorgebracht wird.

Beim Schreiben dieſes Aufſatzes war der oben genannte parallaktiſche Fuß noch nicht vollendet. Dieſer Apparat wird ein Fernrohr tragen, ſo groß als das von Pulkowa, welches mit dem von Cambridge (in den Vereinigten Staaten von Nordamerika) das größte aller Sternwarten iſt. Das Objektivglas dieſes von dem Bureau das Longitudes für die Summe von 25000 Fr. angekauften Rohrs wurde vom Herrn Lerebours mit Flint- und Cromglas aus franzöſiſchen Fabriken ausgeführt.

Die Figuren auf Blatt **619** ſind ſelbſtverſtändlich und bedürfen keiner weitern Erklärung.

Digitized by Google

Der Viadukt bei Schildesche auf der Köln-Mindener Eisenbahn.

(Nebst Zeichnungen auf Blatt **620**.)

Die Köln-Mindener Eisenbahn überschreitet zwischen Bielefeld und Herford, nachdem sie vor erstgenannter Stadt ihren höchsten Punkt, den Uebergang über das Teutoburger Waldgebirge erreicht hat, bei dem Dorfe Schildesche ein Thal, durch welches der Johannisbach seine unbedeutenden Wassermengen strömen läßt, und das mit einem 100 Ruthen langen Viadukt überbrückt ist.

Dieser besteht aus 28 halbkreisförmigen Bogen von 32½ Fuß Durchmesser, während seine höchste Höhe 68 Fuß bis zur Bahnschiene beträgt. Die ganze Anordnung der Pfeiler ist aus dem Grundriß Fig. 1 Blatt **620** ersichtlich; die beiden Mittelpfeiler Nr. 10 und 20 wurden um 10 Fuß verstärkt, um dadurch den ganzen Bau in drei Theile zu zerlegen, deren jeder selbstständig und zwar nacheinander aufgeführt wurde, wodurch sich die bedeutenden Kosten der Mauer- und Lehrbogengerüste auf ein Drittel reducirten.

Fig. 2 zeigt den Grundriß eines solchen Drittels mit einem Landpfeiler im Verhältniß von $^1/_{240}$ der natürlichen Größe, und Fig. 3 die Ansicht desselben.

Die Fundamentirung der Mittelpfeiler mit Ausnahme der je beiden ersten von den Landpfeilern aus, wurde auf 4′ starken tragenden Beton gegründet, der so gemischt war, daß eine Schachtruthe (= 144′′′) Betonmasse aus 128′′′ verkleinerten Bruchsteinen, 14½′′′ magerm Kalk, 18′′′ rheinischem Traß und 34′′′ reinem scharfen Mauersand bestand, daß folglich 194½′′′ Bestandtheile 144′′′ Masse gaben. Die sehr sorgfältige Bereitung und Versenkung kostete 15½ Thlr., mit Material aber (wobei der Traß durch weiten Transport auf circa 20 Sgr. pro Scheffel zu stehen kam) 44⅔ Rthlr. pro Schachtr. Betonmasse. Die zur Aufnahme dieser Betonmasse eingeschlagenen Spundwände bestanden außer den Eckpfählen aus 5—6″ starken buchenen Bohlen von der erforderlichen Länge. In Fig. 3 zeigt a b die unregelmäßige, durch Bohrversuche gefundene Lage des festen Grundes, während die darüber liegende grobe Kiesschicht an den meisten Pfeilerpunkten Tragfähigkeit genug zeigte, um darauf gründen zu können. Die 6½ Fuß starken und 26½ Fuß hohen Pfeilerschafte ruhen auf zwei je 8′ hohen Plinten, deren Fundamente nach den Tiefen des brauchbaren Grundes verschiedene Höhen haben.

Das sämmtliche Mauerwerk, mit Ausnahme der Gesimse, der Brustmauern und der als Wächterhäuschen konstruirten Thürmchen ist aus einem hellgrauen festen Kalkstein, welcher sich zwar schwer aber sauber bearbeiten läßt, in Schichten von 4″ bis 10″ Stärke ausgeführt; die Gesimse und vorspringenden Theile bestehen aus einem gelben, feinkörnigen Sandstein und die Füllungen der Brustmauer aus gut gebrannten Ziegelsteinen. Zu dem Kalkmörtel wurde des bessern und schnellern Bindens wegen noch rheinischer Traß, theilweise auch Cement zugesetzt.

Fig. 4 ist ein Querdurchschnitt durch den Scheitel eines Bogens am Landpfeiler, Fig. 5 und 6 sind die Querdurchschnitte eines 6½ und 16½ füßigen Mittelpfeilers; des letztern 10′ starker Hauptschaft springt auf jeder Seite vor der 27 füßigen Brückenbreite um 6 Fuß vor. Fig. 7 und 8 sind Längendurchschnitte der Land- und Mittelpfeiler und bedürfen keiner weitern Erklärung. Aus diesen Figuren ist auch die Wasserableitung, längs der Brücke aus kleinen Sickerkanälen bestehend, ersichtlich, welche das von der Abdeckung der Gewölbe sich sammelnde Wasser in die auf der Achse der Pfeiler liegenden größern mit Ziegelsteinen gewölbten Kanäle ergießen, von welchen aus es in sandsteinernen bedeckten Rinnen durch die Leibungen der Gewölbe abfließt. Die Hintermauerung der Gewölbe ist mit Asphalt abgedeckt und das Schüttungsmaterial, worauf die Bahnschwellen liegen, besteht hier aus zerkleinerten Bruchsteinen. Auch die längs der Brustmauern laufenden Trottoirs sind von Asphalt gebildet und weisen ihr abfließendes Wasser den Sickerkanälen zu.

Die Konstrukzion der beim Einwölben des Viadukts benutzten Lehrbogengerüste ist aus Fig. 7 a. und 7 b ohne weitere Auseinandersetzung zu ersehen, und sei hier nur darauf aufmerksam gemacht, daß die Streben b b bei a in einen eisernen Schuh eingreifen und die langen Hauptständer e, e, e aus doppelten verbolzten Tannenbäumen bestanden.

Nachstehende tabellarische Zusammenstellungen geben eine Uebersicht der Massen der Hauptarbeiten und der dazu verwandten Hauptmaterialien.

Digitized by Google

A. Arbeitsmassen.

Erdarbeiten Schtruthen	Spundwände lfd. Fuß	Betonschüttung Schtruthen	Mauerwerk excl. Gewölbe Schtruthen	Gewölbmauerwerk Schtruthen	Bearbeitete äußere Flächen □Fuß	Steinschüttung Schtruthen	Steinpflaster □Ruthen	Asphaltabdeckung □Fuß
2757	5053	427	4500	811	146490	427	134	36735

B. Hauptmaterialien.

Sandsteine Kubikfuß	Ziegelsteine Stück	Bruchsteine Schtruthen	Kalk in Scheffeln *)	Traß in Scheffeln	Cement Kubikfuß	Sand Schtruthen	Asphalt Kilogramme
31332	162500	7889	41022	39583	949	1218	79613

Der Viadukt wurde unter speieller Leitung des Bauführers Bajohr und der Oberleitung des Abtheilungs Ingenieur Hesekiel in Bielefeld im Jahre 1844 begonnen und bis zum Herbst 1847 so weit vollendet, daß die Benutzung der Eisenbahn stattfinden konnte. Wie schon oben bemerkt, zerfiel der ganze Bau in drei selbstständige Abtheilungen, die einzeln für sich in die Höhe gebracht wurden, weßhalb die Rüstungen nur für den dritten Theil der ganzen Länge, die Lehrbögen aber nur für 10 Gewölbe anzuschaffen waren, die dann zu den folgenden Bauabschnitten wieder benutzt werden konnten.

Die Gesammtkosten des Baues inklusive der Steinschüttung und der neben den Schienensträngen angebrachten Schutzschwellen betrugen nach den darüber aufgestellten Revisionsberechnungen 371590 Rthlr. und vertheilen sich auf die Hauptarbeiten wie folgt:

Pos.	Gegenstand	Betrag in Rthlr.	Gegenstand	Betrag in Rthlr.		Summe in Rthlr.
1.	Erdarbeiten	9005	. . . . .	. .	=	9005
2.	Rammarbeitslohn . . .	10473	Material u. Geräthschaft hierzu	15203	=	25676
3.	Maurer- u. Steinhauerarbeiten	113117	" " " "	129764	=	242881
4.	Betonarbeiten	7311	" " " "	11802	=	19113
5.	Lehrgerüste	3535	" " " "	6846	=	10381
6.	Rüstungen und Geräthe .	. .	. . . . .	. .	=	25838
7.	Asphaltabdeckung	. .	. . . . .	. .	=	7877
8.	Gebäulichkeiten und Wegeanlagen	. .	. . . . .	. .	=	8658
9.	Diäten ꝛc. ꝛc. der Beamten	. .	. . . . .	. .	=	10384
10.	Extraordinaria	. .	. . . . .	. .	=	12577
					Summe	371590

Dieser großartige Bau hat sich nun seit beinahe sechs Jahren in allen einzelnen Theilen, sowohl was Konstrukzion als Material und Ausführung betrifft, auf das beste bewährt, und bietet mit seinen schlanken Pfeilern und den hellen Grundfarben seiner Materialien, in Verbindung mit der höchst saubern Arbeit und den gefälligen und doch kräftigen Gliederformen seiner Gesimse, bei der imposanten Länge von 1200 Fuß rheinländisch einen jedes Auge imponirenden, jeden Kenner aber gewiß vollständig befriedigenden Anblick dar.

F. Hartung.

*) Ein Scheffel = 1⅞ Kubikfuß preuß.

Digitized by Google

Das neue Stadtgerichts-, Inquisitoriats- und Gefangengebäude zu Breslau.

(Mit Zeichnungen auf Blatt **621—631.**)

Das in den Jahren 1845 bis 1853 erbaute an der äußern Promenade zwischen der Kürassierkaserne und dem Selenke'schen Institut zu Breslau gelegene Stadtgerichtsgebäude ist eines der großartigsten, zweckmäßigsten und in künstlerischer Beziehung vortrefflichsten der öffentlichen Gebäude dieser Art, welche in neuester Zeit ausgeführt worden sind und neben dem allgemeinen Nutzen als architektonisches Monument einer Stadt zur Zierde gereichen. Es vereinigt in sich die Gerichtsbehörden von Breslau für die Civilangelegenheiten und für die Strafsachen, welche in dem Vordergebäude (siehe Blatt **621—624**) ihren Sitz haben, mit welchen das in Kreuzesform sich ausdehnende Hintergebäude in Verbindung steht, das die Anstalt für Untersuchungs- und Strafgefangene enthält, und von dem erstern durch große mit 20 Fuß hohen Mauern begrenzte Hofräume getrennt ist, auf welchem die Spaziergänge der Gefangenen stattfinden.

Das Vordergebäude besteht aus dem von zwei Thürmchen eingefaßten Mittelbau und zwei stumpfwinklig sich an denselben anlegenden Flügeln, von denen der linke sich in nordwestlicher Richtung längs dem Stadtgraben hinzieht und für die Civilabtheilung des Stadtgerichtes bestimmt ist, der rechte aber, der kleinere Flügel für die Strafabtheilung, in die neue Graupenstraße hineintritt. Das ganze Gebäude ist im Rohbau mit schwarzen Sandsteinschichten a (Blatt **623**) im Souterrain und mit weißen 6″ breiten Sandsteinbändern b in den Etagen ausgeführt. Die Bedachung besteht durchweg aus Zink und ist mit einer Zinnenbekrönung über dem Hauptgesims eingefaßt. Das Mittel- oder Eingangsgebäude ist in Form eines vorgeschobenen halben Achtecks abgeschlossen und überragt die Seitenflügel an Höhe; es wird von den beiden Thürmen umfaßt, welche für die Hauptstiegen des Gebäudes aufgeführt sind und von denen der linksseitige eine Uhr enthält.

Im Souterrain (Blatt **621**) ist der mittlere Theil zugefüllt; außer den Räumen für die Luftheizung liegen an einer Seite desselben die Wohnung des Portiers, an der andern das Lokal für die Militärwache; die Räume, welche sich in den beiden Flügeln befinden, sind aus den Zeichnungen ersichtlich. Im Erdgeschosse (Blatt **622**) nimmt das Hauptvestibule die Mitte ein, woran sich einerseits die Wohnung für den Stadtgerichtsbotenmeister, anderseits Lokale für den Direktor der Abtheilung der Strafsachen anschließen; die spitzbogigen Wölbungen des Vestibule werden von 6 freistehenden Sandsteinsäulen und den korrespondirenden Wandpfeilern getragen. Eine breite Treppe von polirtem schlesischen Marmor mit zierlich durchbrochenem Geländer aus Sandstein führt uns auf eine Passage, von der man gerade aus zu den Bureaux der Gefangenanstalt, rechts aber zu den Sälen und Zimmern für das Verfahren vor den Einzelrichtern (Komission für Uebertretungen), so wie für das korrekzionelle Verfahren vor dem dreigliedrigen Richterkollegium ohne Geschworne (Kommission für Vergehen) gelangt. Ein besonderer Eingang wäre in diesem Flügel unzweckmäßig und den gesetzlichen Anordnungen, wonach die ganze Strafgerichtsabtheilung von der Straßenseite lediglich durch das Hauptportal zugänglich sein darf, entgegen gewesen. Das Erdgeschoß dieses Flügels enthält zwei Lokale für die Einzelrichter, ein Zimmer für den Direktor der Strafabtheilung und die Dirigenten der Deputazionen dieser Abtheilung. Im ersten Stocke (Blatt **623**) liegt über dem Vestibule der große 55½′ lange, 44′ breite und durch drei hohe Fenster erleuchtete Schwurgerichtssaal, dessen Decke von acht gußeisernen und bronzirten Säulen getragen wird und mit kunstvoll gearbeiteten Holzfeldern und reichem Getäfel verziert ist. In der Mitte dieser Decke hängt ein Kronleuchter mit 24 Flammen. An der Fensterfront liegt die Estrade für den Schwurgerichtshof, rechts ist die zweistufige Bank der Angeklagten, vor dieser sind die Plätze der Vertheidiger, links die dreistufigen Sitze der Geschwornen, den Richtern gegenüber die Zeugenbänke, und hinter diesen der abgeschlossene Raum für etwa 200 Zuhörer, dessen Fußboden nach der Mitte des Saales zu eine schiefe Ebene bildet. Außer einer Bank enthält dieser Raum keine Sitzplätze; das Publikum hat seinen Eingang durch die Hauptthür auf dem Korridor; durch verschiedene Seitenthüren treten die Geschwornen, Zeugen und

Digitized by Google

Richter ein. Die verhafteten Angeklagten werden auf einer geheimen schmalen Treppe a a (Blatt 622) über eine stark vergitterte, oben offene Galerie aus den Gefängnissen unmittelbar zur Anklagebank geführt. Zu beiden Seiten des Saals liegen die Berathungszimmer der Geschwornen und Richter, und begeben wir uns über den Korridor zu dem kleinen Flügel, so finden wir in demselben den großen Gerichtssaal, der wie der große Schwurgerichtssaal mit den Gefängnißgebäuden durch eine offene vergitterte Galerie b b (Blatt 622) und eine verborgene Wendeltreppe zusammenhängt. Vorn ist der Eintritt für das Publikum, links davon für die Angeklagten, rechts sind die Berathungs- und Abtretezimmer für das Richterkollegium, die Staatsanwaltschaft, die Vertheidiger und Zeugen. Die Tribune des Gerichtshofes erhebt sich drei Stufen über dem Fußboden an der Hinterwand des Saales. Der Zuhörerraum hat keine Sitze und ist abschüssig angelegt.

Der zweite Stock des Mittelgebäudes enthält über dem Schwurgerichtssaal die Kapelle für die Gefangenen, welche ganz dieselbe Größe wie der erstere hat. Achtzehn Paar amphitheatralisch angeordnete Bänke nehmen die Beiwohner des Gottesdienstes auf. Einen sehr wohlthuenden Eindruck macht die schlichte und dennoch sinnreiche Ausstattung der Kapelle: am linken Fenster die Kanzel, ihr zunächst und rechts zwei Altäre für beiderlei Konfessionen (welche vorn durch eine Galerie geschieden sind), die terrassenförmig ansteigenden Sitze für ungefähr die Hälfte der Gefangenen, in den erhöhten Seitenlogen (im zweiten Zwischengeschoß) Emporen für die Orgel, Sänger und Beamten. Aus den Gefängnissen führt eine Treppe von dem eigens dazu erbauten hintern Treppenthurm D bis zur Kapelle. Um die Kapelle herum befinden sich noch die Civil- oder Schuldgefängnisse, welche aus 5 geräumigen Zimmern für je 4 bis 6 Personen bestehen und zusammen etwa 36 Personen aufnehmen können. Das oberste Geschoß des Flügelgebäudes enthält die Registraturen und Bureaux der Strafgerichtsabtheilung.

Sämmtliche Korridore des Mittelgebäudes haben einen Fußboden von Portlandcement mit eingelegten Streifen.

Jeder der beiden den Mittelbau einschließenden Thürme hat eine Höhe von 150 und einen Durchmesser von 24 Fuß; in ihnen liegen die Haupttreppen des ganzen Gerichtsgebäudes, die in den drei untern Geschossen aus breiten polirten Marmorstufen, in den obern aus Granitstufen bestehen. Zum Hinaufsteigen bis zur Spitze der Thürme sind kühn ausgeführte freitragende Granittreppen angelegt. Auf dem dem Stadtgerichtsflügel zunächst stehenden Thurm ist eine Normaluhr mit Schlagwerk und vier Zifferblättern, an dem andern Thurme sind die korrespondirenden Oeffnungen mit gußeisernen durchbrochenen Pendants versehen. Auf dem Dache dieses Thurmes ist die nach dem neuen Strafgesetz während der Dauer einer Hinrichtung zu läutende Glocke angebracht.

Der große für die Civilabtheilung des Stadtgerichtsgebäudes bestimmte Flügel hat außer dem Souterrain ebenfalls drei Geschosse wie der kleinere Flügel; er ist von der Promenade durch ein eisernes Gitter und durch den Traufwasserabzugskanal getrennt. Ueber zwei breite Freitreppen von Granit mit eisernen Geländern gelangt man zu den zwei großen Portalen; das dem Mittelgebäude zunächst liegende eröffnet uns den Eingang in ein geräumiges, hell erleuchtetes Vestibule, welches mit dem anstoßenden nördlichen Treppenthurm in Verbindung steht, durch den die Kommunikazion der drei Geschosse untereinander und mit dem Mittelbau vermittelt wird. Die in den drei Stockwerken übereinander liegenden Vestibule haben gleiche Dimensionen; ihre Wölbungen werden von vier Sandsteinsäulen nach Art der im Hauptvestibule befindlichen getragen; die Fußböden bestehen aus schlesischen Marmorfliesen. An den langen Korridoren liegen die verschiedenen Räume für das Civilgerichtsverfahren, deren gegenseitige Beziehung zueinander aus den Zeichnungen auf Blatt 621—624 deutlich zu ersehen ist, und an den Enden der Korridore sind Behältnisse für Winden, Abtritte und sonstige Einrichtungen angebracht. Im Erdgeschosse hat das Bagatellgericht seinen Sitz; die Räume für die Depositalgeschäfte und der Salarienkasse sind feuerfest überwölbt und deren Fenster werden durch eiserne Läden geschlossen; auch alle übrigen Zimmer der obern Stockwerke, welche zu Archiven bestimmt sind, wurden feuerfest hergestellt. Die Haupträume im zweiten und dritten Stock sind die Sitzungssäle für die Civilsenate, um welche sich die übrigen Räume gruppiren; der Sitzungssaal des ersten Civilsenats liegt im Hauptgeschosse; seine Decke wird von vier gußeisernen Säulen mit Kapitälen von Zink

Digitized by Google

getragen, zwischen welchen der Raum für die Parteien durch Geländer abgeschlossen wird; die Berathungszimmer des Senats sind von dem Sizungssaale aus zugänglich. Der Präsident des Stadtgerichts hat hier ein besonderes Zimmer. Der Sitzungssaal des zweiten Civilsenats im obern Stock hat ganz dieselbe Einrichtung wie der unter ihm gelegene des Hauptgeschosses.

Von dem im Hofe gegen die Centralhalle hin gelegenen Brunnen K (Blatt 621) aus wird das ganze Vordergebäude mit Wasser gespeist, und in jeder Etage sind Wasserhähne mit Schlauchschrauben zur Anwendung bei Feuersgefahr angebracht; der Hauptstrang der gußeisernen Röhrenleitung liegt im Souterrain, von wo aus die kupfernen Steigeröhren durch alle Stockwerke bis zum Dachraume führen, wo sie in Reservoirs ausmünden und durch diese vermittelst kupferner Rückleitungsröhren die Abtritte mit Spülwasser versehen und die Unreinigkeiten in die Kothgruben O abführen.

Zur bequemern Hinaufschaffung des Holz- und Steinkohlenbedarfs dient der vom Souterrain durch alle Stockwerke durchgehende Winderaum am Ende der Korridore. Die großen Säle werden durch Luftheizungen erwärmt und wie auch die Korridore mit Gas beleuchtet; die Bureaux werden durch Kohlenöfen geheizt und mit Oel beleuchtet. Die Apparate für die Luftheizung befinden sich im Souterrain des Mittelgebäudes und des kleinen Flügels (Blatt 621). —

Bevor wir zur Beschreibung des Gefängnißgebäudes übergehen, sei es erlaubt, in kurzem die Grundsätze anzudeuten, welche bei der Anlage solcher Etablissements in Preußen zur Richtschnur genommen werden.

Die preußische Regierung entschied sich schon seit längerer Zeit für die Einführung des Isolirungssystems, ohne jedoch dasselbe konsequent durchzuführen. Eine Kabinetsordre vom Jahre 1837 befahl zuerst unter Berücksichtigung des Entwurfes zum neuen Strafgesetzbuche Vorschläge wegen Erweiterung und Verbesserung der Gefängnißanstalten zu machen. Es wurden darauf drei neue Strafhäuser zu Insterburg, Sonnenburg und Halle gebaut; das zu Insterburg besteht aus drei großen Gefangenhäusern, von denen das eine für die schweren Verbrecher mit 150 Einzelzellen, das andere für die weiblichen Verbrecher mit 6 Gemeinschaftszimmern und mehreren Einzelzellen, das dritte für die leichteren männlichen Verbrecher auf gleiche Art, beide zusammen mit 141 Einzelzellen errichtet ist. Das zu Sonnenburg ist in ähnlicher Art für 380 Sträflinge mit 48 Einzelzellen und größern Arbeitssälen erbaut. In dem zu Halle für 380 männliche Sträflinge und 48 Einzelzellen ist die gemeinschaftliche Arbeit in nach Klassen geordneten Abtheilungen und gemeinschaftliche Speisung nach dem Auburn'schen System als Regel eingeführt, und nur ausnahmsweise werden einzelne schlechte oder widerspenstige Subjekte nach dem philadelphischen System behandelt. Im Jahre 1840 wurde Dr. Julius, früher Arzt in Hamburg, ein Anhänger des pennsylvanischen Systems, nach Preußen berufen und mit der Ausarbeitung neuer Instrukzionen beauftragt. Er besuchte mit dem geheimen Oberbaurathe Busse und dem Direktor des Zuchthauses zu Lichtenburg die Gefängnisse in England, und eine Cabinetsordre vom 26. März 1842 befahl nach den erstatteten Berichten, daß den neu zu errichtenden Strafanstalten in Zukunft das durch die Errichtung des Mustergefängnisses in England (Pentonville-Gefängniß) modificirte pennsylvanische System zu Grunde gelegt werde. In Folge dessen wurde in Berlin ganz nach diesem Muster eine Strafanstalt für 520 Köpfe eingerichtet. Außerdem entstand eine ähnliche Anstalt in Königsberg für 400, in Ratibor für 500 und in Münster für 360 Köpfe. Eben so wurde zu Köln in der Korrekzionsanstalt das Isolirungssystem angenommen.

Um an einem Beispiele zu zeigen, wie bei größern gerichtlichen Gefangenanstalten den allgemeinen Bedingungen in Bezug auf Gesundheit der Gefangenen, Sicherheit gegen Ausbruch und Kollusion, so wie rücksichtlich einer zweckmäßigen Verwaltung und Beaufsichtigung der Anstalt durch bauliche Anordnungen zu genügen sei, war der Entwurf eines Bauplanes für ein Inquisitoriats- und Gefangenhaus durch den Druck veröffentlicht und den Baubeamten mitgetheilt worden. In Folge des Berichtes der gedachten Kommission wurde aufs neue ein Plan und zwar mit Rücksicht auf sofortige Benutzung zu dem Bau eines Inquisitoriats- und Gefangenhauses zu Brieg in Schlesien ausgearbeitet, der am 13. Juli 1843 von Sr. Majestät dem König als Musterplan für die Ausführung ähnlicher Bauten genehmigt wurde. Er ist in 12 Folioblättern im zweiten Bande der Bauausführungen des preußischen Staats enthalten, und ist ihm ein Erläuterungsbericht beigegeben, welcher die allgemeinen Grundsätze aufzählt, die bei dem Bau und der innern Einrichtung der Ge-

Digitized by Google

fängniſſe zu befolgen ſind und dem wir das Folgende entnehmen.

§. 1. Klaſſifikazion der Gefangenen. — Nach der Inſtrukzion für Inſpektoren, Aufſeher und Wärter gerichtlicher Gefangenanſtalten vom 24. Oktober 1837 werden Unterſuchungsgefangene, Strafgefangene und Schuldgefangene bei allen gerichtlichen Gefangenanſtalten zu unterſcheiden und nach Maßgabe ihrer Verhältniſſe und nach den Geſchlechtern abzuſperren ſein. Außerdem iſt es zweckmäßig befunden worden, bei einigen und namentlich bei größern Centralgefängniſſen auf Unterbringung einiger Transport- und Polizeigefangenen Bedacht zu nehmen.

§. 2. Abſperrungsart der verſchiedenen Gefangenen. — Die in Unterſuchung befindlichen Gefangenen ſollen ohne Ausnahme iſolirt werden, eben ſo diejenigen Strafgefangenen, bei denen die Iſolazion als Straf- und Beſſerungsmittel zweckmäßig erachtet wird. Die übrigen Strafgefangenen ſitzen in gemeinſamen Gefängniſſen. Schuldgefangene dürfen in gemeinſamen Gefängniſſen miteinander oder auch mit ſolchen Gefangenen gleichen Standes und gleicher Bildung zuſammengebracht werden, die wegen Injurien, leichter Vergehen, Verletzung der zur Aufrechthaltung der Ordnung im Staatsdienſt erforderlichen Disciplin, oder wegen verweigerter Ableiſtung eines Eides, oder der Kauzion halber zum Gefängniß gebracht werden. Transportgefangene müſſen in der Regel iſolirt werden, da auf ſie eine beſondere Aufmerkſamkeit zu verwenden iſt; dagegen dürfen Polizeigefangene in gemeinſamen Gefängniſſen untergebracht werden. — Die Gefängniſſe der Männer und Weiber ſind unter allen Umſtänden ſoviel als thunlich voneinander abzuſondern.

§. 3 Hiernach wird (vorläufig abgeſehen von den zur Verwaltung nöthigen Räumen) jedes gerichtliche Gefangenhaus in zwei Abtheilungen, nämlich für Männer und für Weiber zerfallen, welche voneinander ſo ſtrenge als möglich getrennt werden müſſen, deren jede alſo nach Umſtänden ihre beſondern Gebäudetheile, Höfe, Arbeitsräume, Flure, Korridore u. ſ. w. enthalten muß.

§. 4. Die Gefängnißräume müſſen nach Maßgabe der abgeſtuften Strenge der Gefangenhaltung dreierlei Art ſein, nämlich:

vollkommen iſolirt, nur für eine Perſon eingerichtet;
gemeinſam für ſtrenge zu haltende Perſonen und
gemeinſam für ſolche Perſonen, welche auf mildere Behandlung Anſpruch haben.

§. 5. Iſolirklauſen. — Die Iſolazion ſoll nach der gedachten Inſtrukzion vom 24. Oktober 1837 in dem Grade erfolgen, daß jede Kommunikazion der Gefangenen untereinander und mit fremden Perſonen vermieden werde. Hiernach muß bei der Anlage von Iſolirklauſen dafür geſorgt werden, daß die Wände, Fußböden und Decken, ſo wie die Thüren, Fenſter, Heizvorrichtungen u. ſ. w. von den Gefangenen, unter Vorausſetzung gehöriger Wachſamkeit der Beamten, weder durchbrochen noch als Mittel benutzt werden können, durch Sprechen oder Rufen ſich untereinander oder mit andern Perſonen zu verſtändigen. Die Klauſen ſollen 700 — 750 Kubikfuß Luftraum umſchließen, durch ein Fenſter von wenigſtens 600 Quadratzoll Lichtfläche erhellt und mit Vorrichtungen zur Erzeugung gehörigen Luftwechſels und zur Erwärmung während der Winterszeit verſehen werden.

§ 6. Gemeinſame Gefängniſſe. — Dieſe ſind in gerichtlichen Anſtalten der Regel nach für Strafgefangene beſtimmt, deren Haft von kurzer Dauer iſt, und die während der Tagszeit theils mit häuslichen Arbeiten im Innern des Gebäudes oder der Höfe, theils mit gewerblichen Arbeiten in einem beſonders dazu eingerichteten Zimmer beſchäftigt werden, welche zwar mit Erwärmungs- und Lüftungsvorrichtungen zu verſehen ſind, deren Größe jedoch verhältnißmäßig geringer ſein darf als die der Iſolirzellen. Dergleichen Gefängniſſe ſind in der Regel nur für drei bis vier Perſonen 14 bis 15′ lang, 12 bis 14′ breit anzulegen.

§ 7. Gefängniſſe für Perſonen, welche auf mildere Behandlung Anſpruch haben. — Gefängniſſe für Schuld- und ſolche Gefangene, welche dieſen nach § 2. gleichſtehen, können nach Umſtänden gleichfalls für drei bis vier Perſonen angelegt werden, jedoch iſt hinſichtlich der Konſtrukzion der Fenſter, Thüren u. ſ. w., ſo ſtrenge Vorſicht als bei den übrigen Gefängniſſen nicht nothwendig, vielmehr können dieſe Gegenſtände ähnlich wie in gewöhnlichen Wohnhäuſern ausgeführt werden. Auch iſt Abſonderung der Schuldgefängniſſe von den übrigen hinſichtlich der Zugänge wünſchenswerth, damit die Schuldgefangenen die Berührung mit andern wegen entehrender Verbrechen Sitzenden vermeiden können.

§. 8 Strafklauſen. — Für den Fall der Widerſetzlichkeit einzelner Gefangenen gegen die Be-

Digitized by Google

amten und sonstiger Verletzung vorgeschriebener Ordnung ist die Anlage mehrerer Strafzellen nothwendig, welche verdunkelt und in welchen nöthigenfalls körperliche Züchtigungen vollzogen, auch Zwangsmaschinen angewendet werden können.

§. 9. Gemeinschaftliche Arbeitsräume. — Da nach den Bestimmungen §. 2 gewöhnlich die Mehrzahl sämmtlicher Gefangenen isolirt, also in den Klausen beschäftigt werden soll, ein Theil der Strafgefangenen aber zu häuslichen Arbeiten verwendet wird, so sind die Arbeitsräume in der Regel nur für solche zur Strafarbeit verurtheilte Gefangenen bestimmt, die beim Betriebe eines Handwerks größerer Geräthschaften bedürfen und deshalb in den gemeinsamen Gefängnissen nicht beschäftigt werden können. Hiernach wird in jedem einzelnen Falle zu erwägen sein, ob ein besonderer Arbeitsraum überhaupt nothwendig und in welcher Ausdehnung anzulegen sei.

§. 10. Gemeinschaftliche Krankenzimmer. — Die Mehrzahl der von Krankheit befallenen Untersuchungsgefangenen wird während der Dauer der Krankheit ohne Nachtheil in den Klausen verbleiben können, weßhalb nur für solche Kranke, welche der Aufsicht und Pflege bedürfen, größere Krankenzimmer angelegt werden müssen. Die Erwärmung der Krankenzimmer muß durch gewöhnliche Oefen erfolgen; auch sind die Fenster derselben zum Oeffnen einzurichten, um frische Luft nöthigenfalls von außen einlassen zu können.

§. 11. Betsaal. — Nach der Instrukzion vom 24. Oktober 1837 sind nicht allein alle Straf- und Schuldgefangenen, sondern auch zuverlässige Untersuchungsgefangene nach dem Schlusse der Untersuchung zur Theilnahme an dem gemeinschaftlichen Gottesdienst berechtigt. Es ist daher bei dem Bau jeder größern gerichtlichen Gefangenanstalt die Anlage eines Betsaales nothwendig, in welchem auf gehörige Absonderung nach dem Geschlecht Bedacht genommen werden muß.

§. 12. Bade- und Reinigungszimmer. — Die ankommenden Gefangenen sind vor Abführung in die ihnen zugetheilten Gefängnißräume zu entkleiden und nöthigenfalls zu baden, wozu ein besonderes Zimmer erforderlich ist. In demselben muß außer der Badewanne ein Ofen sich befinden, um das in den Kleidern etwa vorhandene Ungeziefer durch Hitze zu tödten oder Krankheitsstoffe unschädlich zu machen. In Anstalten von mäßigem Umfange wird dieser Raum zugleich als gewöhnliches Badezimmer der Gefangenen benutzt werden können, wogegen in größern Anstalten für mehrere solche Zimmer zu sorgen ist.

§. 13. Korridore, Fluren und Treppen müssen feuersicher, geräumig, helle und von den Beamten leicht zu übersehen, auch durch Thüren an geeigneten Stellen dergestalt verschließbar sein, daß kein Gefangener ohne Wissen der wachhabenden Aufseher das Gefangenhaus verlassen oder in eine andere Abtheilung gelangen kann.

§. 14. Abtritte. — In den Isolirklausen und Krankenzimmern sind Leibstühle mit tragbaren Geschirren einzurichten, dagegen für gemeinsam sitzende Gefangene auch gemeinsam zu benutzende Abtritte anzulegen.

§. 15. Oekonomische Räume der Gefangenanstalt. — Die Größe, Lage und Einrichtung der zur Oekonomie der Anstalt erforderlichen Räume, namentlich der Speise- und Waschküche, der Rollkammer, der Gelasse zur Aufbewahrung von Kleidern, Wäsche, Gemüse, Fett, Oel, Brennmaterial, Utensilien, Arbeitsstoffen u. s. w., so wie der Brunnen, Wasserleitungen, Kehrichtgruben u. s. w. sind von der Ausdehnung der Anstalt und von mancherlei Ortsverhältnissen abhängig, welche in jedem besondern Falle in Erwägung gezogen werden müssen.

§. 16. Erholungs- und Spazierhöfe. — Für die gemeinsam sitzenden Gefangenen beiderlei Geschlechts müssen getrennte größere Höfe, für die isolirten dergleichen kleinere, angelegt werden. Die Zahl der letzteren soll wenigstens $^1/_{10}$ der der isolirten Gefangenen betragen, wo möglich die Grundfläche eines jeden nicht weniger als 300 Quadratfuß enthalten, und Form und Lage so beschaffen sein, daß jeder Hof wenigstens theilweise vom Sonnenschein getroffen werde.

§. 17. Ringmauern der Anstalt. — Die Dicke und Höhe der Ringmauern um die Gefangenanstalt richtet sich wesentlich nach Ortsverhältnissen und nach dem zu Gebote stehenden Baumaterial; doch wird die Dicke nicht füglich unter 2 Fuß, die Höhe nicht unter 12 Fuß anzunehmen sein. Die Fundamente der Ringmauern müssen eine solche Tiefe erhalten, daß ein Untergraben derselben nicht leicht stattfinden könne. An solchen Stellen, wo niedrige, leicht ersteigliche Mauern, Zäune oder Gebäude im Innern der Anstalt an die Ring-

Digitized by Google

mauern stoßen, müssen letztere verhältnißmäßig erhöht, auch überall spitze oder rechte Winkel im Mauerwerk abgerundet werden.

§. 18. Räume für das Inquisitoriat. — In der Regel sind bei größern Centralgefängnissen zwei bis drei Verhörzimmer, mehrere Bureaux und Archivzimmer, ein Kassenraum, ein Zeugen- und Botenzimmer, so wie einige Räume zur Aufbewahrung reponirter Akten, corporum delicti, Kleider und Effekten der Gefangenen nöthig. Die Anzahl, Größe und Lage aller dieser Räume bleibt indessen von dem Umfange der Anstalt und von Ortsverhältnissen abhängig. Bei der Anlage der Verhörzimmer muß stets darauf Bedacht genommen werden, daß die Untersuchungsgefangenen auf dem Wege dahin nicht Gelegenheit finden, mit anderen Gefangenen oder mit fremden Personen sich zu verständigen. —

§. 19. Beamtenwohnungen. — Bei neu zu gründenden Anstalten müssen die Wohnungen für verheirathete Beamten mit Rücksicht auf unerläßliche Strenge der Hausordnung von den Gefängnissen so vollkommen als möglich abgesondert werden, um den Verkehr der Gefangenen mit Kindern und Dienstboten abzuschneiden. —

Mit Rücksicht auf die hier mitgetheilte Instruktion ist denn auch der Theil des breslauer Stadtgerichtsgebäudes, der für die Gefängnisse bestimmt ist, erbaut worden, sehr natürlich mit allen den Modifikazionen, welche durch lokale Verhältnisse bedingt wurden. Das Gebäude besteht, wie aus den Grundrissen auf den Blättern **621** bis **624** hervorgeht, aus vier Flügeln, dem nördlichen E, dem südlichen F, dem östlichen G und dem westlichen H; in deren Mitte liegt die außerhalb von acht Thürmchen umfaßte und mit Zinnen bekrönte Centralhalle, in deren Souterrain sich Gemüse- und Vorrathsräume, so wie ein mittelst Dampfkraft in Betrieb gesetztes Pumpwerk über einem 25 Fuß tiefen Brunnen für das erforderliche weiche Wasser befinden; in den obern Geschossen findet man außer den zu Gefängnissen bestimmten und in den Grundrissen näher bezeichneten Räumen Arbeitssäle, Untersuchungszimmer für die Aerzte und Krankenzimmer für weibliche Gefangene.

Die Zahl der in den Flügeln und in der Centralhalle unterzubringenden, nur theilweise nach dem pennsylvanischen System und da nur in den mildesten Formen behandelten Gefangenen beträgt 798 und zwar in folgender Art:

15	Zimmer des nördlichen Flügels	à 4	Personen 60
11	„ „ „ „	à 8	„ 88
18	„ „ „ „	à 3	(Kranke) 54
7	„ der Centralhalle zusammen . . .		30
166	Isolirzellen im östlichen, westlichen und südlichen Gefängnißflügel		166
40	zweifenstrige Gefängnisse in den Flügeln	à 4	Pers. 160
15	dreifenstrige „ „ „ „	à 6	„ 90
	in den Souterrainräumen circa		150.

Rechnet man nun noch die 36 Schuldgefangenen hinzu, welche wie oben erwähnt in den fünf Räumen des Eingangsgebäudes Platz finden, so beträgt die Zahl der in dem Stadtgerichtsgebäude in Breslau unterzubringenden Gefangenen 834, und es ist daher diese Anlage eine der bedeutendsten in Europa.

Die Badeanstalt für männliche Gefangene befindet sich im Souterrain des westlichen und die der weiblichen Gefangenen im Souterrain des östlichen Gefängnißflügels in Verbindung mit der Dampfwäsch- und Trockenanstalt. In dem unmittelbar an die Centralhalle anstoßenden Gebäude L liegt die Dampfkochanstalt, deren Einrichtung aus Blatt **630** und **631** näher zu ersehen ist. Die Anlage zerfällt in die Dampfküche, den daneben gelegenen Raum für zwei Dampfkessel von je 3 Pferdekraft und in dem nöthigen Kohlengelaß. Die Einrichtung zur Bereitung der Speisen in fünf gußeisernen mit Doppelboden versehenen Kesseln von resp. 4′, 3½′, 3½′ 2′ und 1½′ Durchmesser ist folgende. Aus den Dampfkesseln n n (Fig. 2 Blatt **630**) geht das Hauptdampfrohr a a abwärts fallend, zuletzt horizontal unter den Speisekesseln fort, und der zum Abkochen nöthige Dampf wird zwischen die Doppelböden derselben mittelst der Verschraubungen b b geführt. Das kondensirte Wasser geht durch das unter jedem der Kessel befindliche Kupferrohr c unter die Ventile d d, welche es in das für alle Kessel gemeinschaftliche Rohr e leiten, um von hier aus nach dem Retour d'eau f geführt zu werden. Zu bemerken ist, daß die Ventile b b auch dazu dienen, einen oder den andern Kessel durch Absperrung außer Thätigkeit zu setzen. An jedem Kessel befindet sich außerdem ein Lufthähnchen g, um die Luft aus dem Doppelboden entweichen zu lassen. Zur Speisung der Kessel mit Wasser dient das vom Reservoir im Dach-

Digitized by Google

boden der Centralhalle abwärts führende Rohr h, welches wiederum in das über dem Herde angebrachte Rohr i mündet. An letzterem sind über jedem Kessel Schwenkhähne k, und außerdem zum Auffangen des benöthigten Spül- und Waschwassers ein Hahn m angebracht. Um bei vorkommender Reparatur den Röhrenstrang h absperren zu können, dient eine Verschraubung. Die Details des Kochapparates sind aus dem Blatt **631** ersichtlich.

Die Dampfkessel n n werden durch die Dampfpumpe o (Fig. 3) gespeist und zwar abwechselnd oder gemeinschaftlich bei den Verschraubungen p p. Die Speisung kann mit kaltem und warmem Wasser erfolgen. Ersteres wird durch ein Rohr q q (Fig. 2) aus dem Brunnen in der Halle durch die über demselben befindliche Dampfpumpe zugeführt und in das Faß r durch den Hahn s (Fig. 1) geleitet, aus dem es die Pumpe o saugt, wogegen das warme Wasser aus dem Retour d'eau f entnommen werden kann. Zum Betriebe der Dampfpumpe in der Centralhalle und über dem Brunnen K im Hofe des Stadtgerichts nebst der Centrifugalmaschine Q in der Waschanstalt dient das Hauptdampfrohr t, in gleicher Weise aus dem Kessel n wie das Dampfrohr s entspringend. Das Dampfabgangsrohr befindet sich an der Stelle u (Blatt **621**). Mittelst der Dampfpumpe K wird, wie bereits früher erwähnt wurde, das erforderliche Wasser nach den im Dachboden der Centralhalle, des nördlichen Flügels und des Stadtgerichtsgebäudes aufgestellten Wasserreservoirs befördert, um von hier aus die Spülzellen der Gefängnißflügel, so wie sämmtliche Vordergebäude und die 6 in den Souterrains der 3 Gefängnißflügel befindlichen Warmwasserheizapparate mit Wasser zu speisen. Zum Absperren des einen oder des anderen Röhrenstranges sind im Souterrain an geeigneten Stellen ebenfalls die nöthigen Verschraubungen angelegt. —

Die drei Gefängnißflügel werden mittelst warmen Wassers geheizt, und sind zu diesem Zwecke in jedem Flügel zwei Kessel aufgestellt, deren jeder ein besonderes Heizsystem hat. Jedes dieser Systeme ist vollständig gleich eingerichtet und nur in Bezug auf die Größe etwas verschieden, je nachdem von denselben mehr oder weniger Gefängnißzellen zu heizen sind. Die Konstruktion derselben ist folgende.

Der Kessel A (Blatt **629**) ist in Cornwallischer Art mit innerer Feuerung gebaut. Von der oberen Fläche desselben steigt ein 12 Zoll weites Rohr B auf, welches sich an seinem Ende in 2 Röhren C von $8\frac{1}{2}$ Zoll Weite theilt und das Wasser nach den zu beiden Seiten des Gebäudes liegenden Zellenreihen leitet. In den dieselben von dem Hauptgange trennenden Scheidemauern führen 2 kupferne Steigeröhren D D durch die 3 Etagen des Gebäudes, welche in denselben resp. 7″, 5″ und 3″ Durchmesser haben. Unter dem Fußboden jeder Etage zweigen sich nach den Seiten 2 gußeiserne Röhren E E ab von $3\frac{1}{2}$ Zoll Weite, an deren jede sich 2 Kupferröhren F F von $2\frac{1}{2}$ Zoll Weite anschließen, welche in einer geringen Steigung unter dem Fußboden der Zellen fortgeleitet sind. An ihrem Ende vereinigen sich diese Röhren in gußeisernen $3\frac{1}{2}$ Zoll weiten Röhren G, welche in die kupfernen Abfallröhren H münden, die ebenfalls in den Etagen verschiedene Durchmesser und zwar von 3″, $3\frac{1}{2}$″ und 5″ haben und sich an gußeiserne Röhren von 6 Zoll Weite anschließen. Je zwei auf jeder Seite des Systems liegende Röhren I vereinigen sich in einem Rohre K von $8\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser, welches sich in dem, mit der untern Fläche des Kessels verbundenen Rohrstutzen P endigt. Da durch die Wärme die Röhren ausgedehnt werden, so sind die liegenden gußeisernen Röhren auf hölzernen Rollen N N gelagert, so daß sie ihre Lage je nach ihrer Ausdehnung frei verändern können.

Auf jedes der Steigeröhren D und H ist ein kupfernes Gefäß L aufgesetzt; da das ganze System bis zum obersten Rohr mit Wasser gefüllt sein muß, so ist es nothwendig einen Raum zu haben, welcher gestattet, daß das Wasser, wenn es durch die Wärme ausgedehnt wird, hineintreten kann, und zu diesem Zwecke sind die Gefäße L bestimmt. Dieselben sind mit einem Probierhahne versehen, der in der unteren Hälfte angebracht ist. Bis zu diesem werden die Systeme gefüllt, und es ist mittelst der Hähne möglich zu untersuchen, ob auch noch das gehörige Wasserquantum sich in dem Heizapparate befindet.

Bei starker Heizung kann es vorkommen, daß das Wasser bis zur Siedehitze erwärmt wird, in welchem Falle sich Dämpfe erzeugen. Um diese aus dem Gebäude abzuleiten ist jedes der Expansionsgefäße L mit einem Kupferrohr M versehen, welches bis über das Dach des Gebäudes hinausführt.

Der Kessel A ist an seiner untern Fläche mit einem Ablaßrohre Q versehen, welches mittelst eines

Digitized by Google

Hahnes geschlossen ist und durch welchen man das Wasser aus dem ganzen System ablassen kann.

Wird nun der Kessel geheizt, so steigt das erwärmte Wasser aus demselben in den Röhren B C D E F in die Höhe, und es muß dasselbe aus den Abfallröhren H I K P in den Kessel treten, so daß durch die fortwährende Erwärmung des Wassers und eben so dauernde Abkühlung in den Röhrleitungen eine stete Cirkulazion desselben hergestellt wird.

Wie bereits früher erwähnt, werden die Kessel aus den im Dachboden der Centralhalle aufgestellten Wasserreservoirs gefüllt.

In den Zellen sind über den Röhrleitungen verschließbare Kanaldeckel angebracht, und strömt die erwärmte Luft durch mit durchlochten gußeisernen Platten verschlossene Oeffnungen in den Theilmauern in die zu erwärmenden Räume.

Eben so sind an einzelnen Stellen über den gußeisernen Röhrleitungen I in den Korridoren der ersten Etage eiserne durchbrochene Platten im Fußboden eingelegt, so daß von diesen Röhren aus die Wärme in den Korridoren resp. der Centralhalle sich verbreiten kann. Hierzu trägt die über jedem Kessel angelegte Kammer R zum Erwärmen der mittelst Kanäle OO zugeleiteten atmosphärischen Luft ebenfalls bei.

Die kupfernen, wie erwähnt, in einem Mauerschlitz liegenden Steigeröhren D und H sind zwar mit Eisenblech verkleidet, jedoch sind in jeder Etage 2 Oeffnungen mit Gittern von Draht gelassen, so daß auch die durch diese Röhren erzeugte Wärme in den Hauptgängen ausströmen kann. —

Nachdem wir uns mit dem Innern der Gefängnißflügel bekannt gemacht, haben wir zur Vervollständigung dieses Berichtes nur noch einige Worte über die Nebengebäude und die Höfe der Anstalt anzuführen.

Das Gebäude N (Blatt 621) ist eine massive Remise zur Aufbewahrung von Brennmaterialien; auch befindet sich die Todtenkammer daselbst.

Zur Aufnahme der Unreinigkeiten sind in jedem der Höfe Kothgruben O angelegt, wogegen die übrigen in den Höfen vertheilten massiven Gruben die Aufsammlung des Gemülles und der Asche bezwecken.

Das am westlichen Flügel gelegene Gebäude R enthält die Dienstwohnungen des Direktors und Polizei-Inspektors der Gefangenanstalt, und steht mit dieser durch einen Treppenanbau in Verbindung.

Der Hofraum zerfällt in 5 Abtheilungen, die nach außen hin von einer 20 Fuß hohen Mauer abgesperrt werden. Zwischen dem Gerichtsgebäude und dem östlichen Gefängnißflügel liegt der Hof für das Stadtgericht mit einem massiven Pfandschuppen zur Deponirung größerer Pfandobjekte und dem bereits erwähnten Brunnen zur Speisung der Wasserleitungen ꝛc.

Vom östlichen bis zum südlichen Flügel erstreckt sich der Hof für weibliche, vom südlichen bis zum westlichen Flügel der Hof für männliche Gefangene, wo auch die Hinrichtungen der zum Tode verurtheilten Gefangenen stattfinden. Es folgt dann der durch eine Mauer abgegrenzte Hof für Strafgefangene, dann zwischen dem nördlichen und dem kleineren Flügel C des Gerichtsgebäudes der Hof für Schuldgefangene. —

Der Plan zum Bau dieses großartigen Etablissements wurde von dem königl. geheimen Oberbaurathe Hrn. Busse entworfen und von Sr. Majestät dem Könige von Preußen am 26. Mai 1844 genehmigt. Der Bau selbst begann im Mai des Jahres 1845 unter der obersten Leitung des königl. Regierungs- und Baurathes Hrn. Schildener in Breslau, und unter der speciellen Aufsicht der Herren Baumeister Hermann und Klinat. Die sämmtlichen Bau- und Einrichtungskosten betrugen 650000 Thlr. —

Digitized by Google

Die Verhandlungen über eiserne Balkendecken in den Versammlungen des königl. Architektenvereines in London.

(Hierzu Zeichnungen auf Blatt 632 und Seite 145.)

Die Anwendung eiserner Balkendecken ist bereits seit mehreren Jahren in Paris eingeführt, und obgleich das Eisen in Frankreich ziemlich hoch im Preise steht, so hat es sich doch ergeben, daß die Anfertigung eiserner Decken in pekuniärer Beziehung gegen die bisher üblichen Holzdecken überwiegende Vortheile mit sich führt, und es ist daher wohl natürlich, daß die erstern eine immer größere Verbreitung finden und selbst dann finden würden, wenn sie dieselben Kosten verursachten, da sie den nicht genug zu schätzenden Vorzug der Unverbrennbarkeit besitzen. Es sind nun verschiedene Konstrukzionssysteme solcher Decken aufgetaucht, wovon die einen diese, die andern jene Vortheile besitzen; die Vergleichung einiger dieser Systeme mit den in England gebräuchlichen war der Gegenstand mehrfacher Erörterungen in dem königl. Architektenvereine zu London, zu welcher Hr. Architekt Burnell den Impuls gab, welcher diese Konstrukzionsweise in Paris gehörig untersucht hatte und darüber in der Sitzung vom 9. Jänner d. J. folgenden Bericht erstattete:

„Ich beabsichtige bei meiner Beschreibung des Systems eiserner Decken durchaus nicht in einen detaillirten Bericht über die verschiedenen Versuche einzugehen, welche angestellt wurden, bis die in Paris jetzt so allgemein gebräuchlichen Systeme ihren jetzigen Grad von Vollendung erhielten; auch will ich meine Zuhörer eben so wenig mit Berechnungen über die Widerstandsfähigkeit des Schmiedeisens oder mit Erörterungen über die Zweckmäßigkeit der gebräuchlichen Formen hinhalten; mein Zweck ist lediglich eine einfach und gedrängte Beschreibung der jetzt gebräuchlichen Systeme zu geben, und Ihnen eine solche praktische Anschauung derselben zu verschaffen, wie ich sie selbst durch die Autopsie und die Mittheilungen der Architekten, die mit der Ausführung solcher Werke beschäftigt waren, gewonnen habe."

„Bei den in der ersten Zeit in Paris erbauten Decken und Trägern von Schmiedeisen waren in den meisten Fällen diese Querträger flach und ohne Rippen, welche Konstrukzion unter der Benennung „Vaux'sches System" bekannt ist. (Fig. 1, Seite 145.) Die Systeme, auf die ich aufmerksam machen will, sind wenig mehr als eine Verbesserung in der Form der Träger und sind wahrscheinlich mit dem Anfang der ausgedehnten Neubauten in der Rivolistraße im Frühjahre 1852 allgemein in Gebrauch gekommen."

„In den verschiedenen diesen Gegenstand behandelnden Werken werden mehrere Systeme beschrieben, die sich aber füglich auf zwei reduciren lassen: das System von Thuasne und das System jedes andern, der ein solches aufstellen und ausführen will. Aus meinen Beobachtungen habe ich das Resultat gewonnen, daß in der allgemeinen Praxis nicht länger von verschiedenen Systemen in dieser Beziehung die Rede sein kann, sondern daß der Baumeister nach Belieben die Vortheile eines jeden bekannten Systems kombinirt."

„Das System von Thuasne (Fig. 2) besteht aus eisernen doppelt T förmigen Balken, die im Verhältniß von 0m005 auf 1m0, oder von 1 : 200 leicht gekrümmt sind. Sie liegen von Mittel zu Mittel in einer Entfernung von 1m00 voneinander und sind durch Querbänder aus flachen Eisenstangen verbunden, die in gleichen Entfernungen von 1m0 liegen. Diese Querbänder ruhen auf den untern Rippen der Balken und sind in gußeiserne Flanschen eingelassen, von denen sie ganz umgeben und womit sie verbolzt sind. Auf den Querbändern endlich liegen in Entfernungen von 0m25 mit den Balken parallele Quadrateisen von $^3/_8$ – $^1/_2$ Zoll Stärke, welche dieselbe Länge wie die Balken haben; sie sind mit Kupferdraht an dieselben befestigt und vertreten gleichsam die Stelle der Schalbretter. Einzelne Querbänder haben an ihrem Ende an der Mauer eine solche Formazion, daß sie als Schließen wirken. Sie werden eingemauert und verbinden die Wände sehr gut miteinander. Das Eisenwerk wird in der Regel angestrichen und wird erst, nachdem es gut ausgetrocknet ist, auf den Bauplatz geschafft. Ist das oben beschriebene eiserne Netzwerk vollendet, so besteht das nächste Verfahren in dem Ausfüllen mit Gips. Dieses Verfahren differirt so wesentlich von der englischen Konstrukzionsmethode einer Decke, daß es wohl verstanden sein will, wenn das letztere aufgefaßt werden soll. Es besteht in Folgendem: Ein Brett wird unter den auszufüllenden

Digitized by Google

Theil gebracht, dann wird ein dünner Brei aus der gröbſten Sorte Gips eingeſchüttet, und indem er ſich um das untere Eiſenwerk verbreitet und dann von dem unterſtellten Brett aufgehalten wird, bildet er die Decke des untern Raumes, welche mit einem weitern Ueberzug von feinem Gips vollendet wird. Die in Zeit von einer halben Stunde dergeſtalt vollendete Gipslage iſt 2½—3″ dick und wird binnen kurzem ſteinhart, ſo daß ſie viel zur Feſtigkeit der Decke beiträgt.

Das zweite Syſtem differirt etwas von dem erſten, indem die Träger näher aneinander liegen, etwa in einer Entfernung von 0m71 bis 0m91. Die Querriegel beſtehen aus Eiſenſtangen von 0m0158 bis 0m0126″ in □ und ſind an ihren Enden ſo umgebogen, daß ſie die obere Kante des Balkens umfaſſen; nach unten ſind ſie ſo gekrümmt, daß ſie an der untern Kante anliegen. Dadurch daß ſomit dieſes Knie gegen die Seiten des Balkens drückt, wird zugleich eine Strebe und ein Querriegel zwiſchen den Balken gebildet. Querriegel nach dieſem Princip haben natürlich ſo weit es möglich iſt einerlei Größe, und wenn ſie zwiſchen die Balken gelegt werden, ſo genügt ein Schlag mit dem Hammer, um ſie in ihrer Lage zu befeſtigen. Sie liegen ungefähr 3′ voneinander und ſo viel als möglich in einer geraden Linie, ſo daß die Wirkung des einen der des andern entgegengeſetzt iſt. Ueber die Querriegel liegen parallel mit den Balken andere Eiſenſtangen, welche eine Stärke von 0m0011 haben; die Ausfüllung mit Gips geſchieht auf die angegebene Weiſe. In dem neuen Louvre ſind die Fußböden nach dieſem Syſtem konſtruirt und ſind mit Töpfen ausgefüllt.“

„Es bedarf kaum der Bemerkung, daß die eiſernen Balken jede Dicke zwiſchen den ſtärkſten und ſchwächſten Muſtern haben können, wobei natürlich die Höhe dieſelbe bleibt; dies iſt namentlich in Frankreich von Vortheil, wo das Eiſen theuer iſt und die Gemächer oft ſehr verſchiedene Dimenſionen haben. In manchem Falle ſoll die Decke des kleineren Gemachs dieſelbe Höhe bekommen wie die des größern; iſt die Spannweite geringer, ſo iſt die ſchwächere Sorte von Balken hinreichend, indem vorausgeſetzt wird, daß die innern Zwiſchenwände die nöthige Feſtigkeit für den Raum des Balkens zwiſchen ſeinen Aufliegepunkten haben.“

„Wie ich bemerkt habe, beſteht die Ausfüllungsmaſſe immer mehr oder weniger aus Gips; in manchen Fällen aber wird der Raum zwiſchen den Balken mit Töpfergut ausgefüllt, d. h. mit kleinen Cylindern aus gebrannter Erde von ungefähr 7½″ Höhe und 4″ Durchmeſſer, die etwas Aehnlichkeit mit den Blumentöpfen haben. Dieſe werden in eine Lage von Gips gelegt, die zwiſchen die untern Theile des Eiſenwerks eingegoſſen wird; eine dünne Maſſe füllt alsdann die Zwiſchenräume aus. Man hat zu dieſem Zweck durchbohrte Ziegel und Röhren, wie ſie zu Kanälen gebraucht werden; ſie werden aber nur ſelten angewendet. Wo ein hölzerner Fußboden verlangt wird, was oft der Fall iſt, ſo wird dieſer auf kleine Querbalken genagelt, die zwiſchen den eiſernen Balken liegen und in dieſe paſſend eingelaſſen ſind; wo es indeſſen nicht auf Raumerſparniß ankommt, werden die hölzernen Unterlagen quer über das Eiſenwerk gelegt.“

„Bezüglich der Vorzüge beider Syſteme läßt ſich nur wenig ſagen. Das Thuasneſche Syſtem verbindet die Balken wirkſamer in ihrem untern Theil, wodurch ſie der Ausdehnung des Gipſes am beſten widerſtehen; auch läßt ſich dabei etwas Geringes an Eiſen erſparen; ungeachtet deſſen ſcheint es aber im Ganzen koſtſpieliger zu ſein, aus welchem Grunde die andere Methode allgemeiner im Gebrauch iſt. Beide laſſen ſich leicht befeſtigen und ſind durchaus zweckmäßig, indem ſie eine leichte feuerfeſte Decke in zwei Dritteln des Raumes einer gewöhnlichen hölzernen Decke geben. Es iſt einleuchtend, daß Decken nach dem einen oder dem andern dieſer Syſteme eben ſo feuerfeſt und ſtark ſind wie alle andern Konſtrukzionen der Art. Intenſive Hitze wird bey längerer anhaltender Dauer freilich den Gips kalciniren und die Balken krümmen; Töpfergut irgend einer Art, aber zweckmäßig angewendet, ſetzt der Flamme einen kräftigen Widerſtand entgegen und macht ſie für das Gebäude gefahrloſer als gußeiſerne Balken mit darauf laſtenden ſchweren Laſten. Ich habe hier auf einen äußerſten Fall angeſpielt, da es ſehr unwahrſcheinlich iſt, daß ein ausgedehnter Brand da Platz greifen wird, wo Boden und Treppenhaus aus feuerfeſtem Material beſtehen.“

In Bezug auf die Koſten läßt ſich nicht viel Poſitives ſagen, da einerſeits die Preiſe der Materialien, anderſeits die Arbeitsverhältniſſe in verſchiedenen Ländern verſchieden ſind. Die folgenden Tabellen geben eine Vergleichung der Koſten für eiſerne Decken nach dem Thuasneſchen Syſteme mit den in Paris gebräuchlichen Holzdecken; auch geben ſie zugleich das Gewicht und die Stärke der Decken für verſchiedene Fälle an.“

Digitized by Google

I. Eiſerne Decken.

Tragweiten	Höhe der Balken	Stärke der Decken	Gewicht pro Flächenmeter	Preis des Eiſens pro Flächenmeter	Preis der Ausfüllung	Ganzer Preis des Fußbodens pro Flächenmet.
3m00 bis 3m50	0m10	0m18	16 Kil.	8 Fr. 00	1 Fr. 50	9 Fr. 50
3 50 — 4 00	0 12	0 20	18	9 00	id.	10 50
4 00 — 5 00	0 14	0 22	20	10 00	id.	11 50
5 00 — 6 00	0 16	0 24	22	11 00	id.	12 50
6 00 — 7 00	0 18	0 26	26	13 00	id.	14 50
7 00 — 8 00	0 22	0 30	30	15 00	id.	16 50

II. Hölzerne Decken.

Tragweiten	Stärke der Decken	Kubiſcher Inhalt pro Flächenmeter	Holzpreis pro Flächenmeter à 90 Fr. der Stere	Preis des Eiſenwerkes	Preis der Ausmauerung	Ganzer Preis des Fußbodens pro Flächenmet.
3m00 bis 3m50	0m30	0m07	6 Fr. 30	1 Fr. 20	2 Fr. 25	9 Fr. 75
3 50 — 4 00	0 32	0 08	7 20	id.	id.	10 65
4 00 — 5 00	0 35	0 09	8 10	id.	id.	11 55
5 00 — 6 00	0 38	0 11	9 90	id.	id.	13 35
6 00 — 7 00	0 40	0 14	12 60	id.	id.	16 05
7 00 — 8 00	0 45	0 17	15 30	id.	id.	18 75

Nach einigen allgemeinen Bemerkungen ſchließt Hr. Burnell mit der Aufforderung an die gegenwärtigen Architekten die Syſteme ſelbſt einer Probe zu unterziehen.

Auf die Frage Hr. Fowlers, welchen Einfluß eine Laſt auf die Elaſticität ſolcher Decken habe, entgegnete Hr. Burnell, daß man mit einer Decke von 16′ Spannweite (Baux'ſches Syſtem) einen Verſuch gemacht, deren Balken 5¼″ hoch, ⅜″ dick waren und auf 16′ eine Krümmung von 2″ hatten. Nachdem die Ausfüllungsmaſſe eingegoſſen war, ſank die Krümmung auf 1¾″; ſofort wurde die Decke mit 1000 Pfund pro Flächenyard belaſtet, wobei die Krümmung auf 1³⁄₁₆ fiel; nach 48 Stunden ſank ſie auf 1″. Nach Entfernung des Gewichts ſtieg die Krümmung wieder auf 1⁵⁄₁₆″. Der Unterſchied während des Verſuches betrug alſo ⅛″. Er fügte noch hinzu, daß dieſe Decken mit Töpfergut ausgefüllt leichter wären, daß aber ſeiner Meinung nach die Ausfüllung mit Gips eine feſtere ſolide Maſſe gäbe. Derſelbe führte ferner Beobachtungen über die Widerſtandsfähigkeit ſolcher Fußböden und deſſen Formeln zur Berechnung ihrer Dimenſionen an. Aus dieſen Verſuchen erhellt, daß ein Fußboden von 26′ Spannweite mit einer Belaſtung von 70 ℔ pro □ fuß plus ſeinem Eigengewicht eine Biegung von 7 Centimeter erleidet. Schließlich bemerkt Hr. Burnell, daß eine der gewichtigſten Einwürfe gegen das neue franzöſiſche Syſtem der Ausfüllung mit Gips nicht ſowohl das Gewicht als vielmehr das Ausdehnungsvermögen des Gipſes ſei. In der Praxis wäre das letztere eine ſolche, daß ſich die Decke beinahe halb ſo tief ſenkte wie bei der durch die äußerſte Belaſtung hervorgebrachten Biegung; der Gebrauch von Töpfergut wäre deshalb vorzuziehen.

Hr. Papworth erwähnte ein Haus in Hindeſtreet, deſſen Dach aus gußeiſernen Stangen von wenig mehr als 4½″ Tiefe und mit ziemlich ſtarken Rippen beſtehe und mit Blumentöpfen ausgefüllt ſei, genau wie bei der franzöſiſchen Methode; die Stangen aber ſeien gekrümmt, ſo daß ſie eine Wölbung bildeten. Dieſes Dach habe ſich ſtets vortrefflich gehalten, bis ſich die Mauern angefangen hätten zu ſenken, wo ſich alsdann ein Bruch ge-

Digitized by Google

Konstruktionen eiserner Balkendecken.

Fig 1. System Baux.

Fig 2. Das allgemein angewendete System

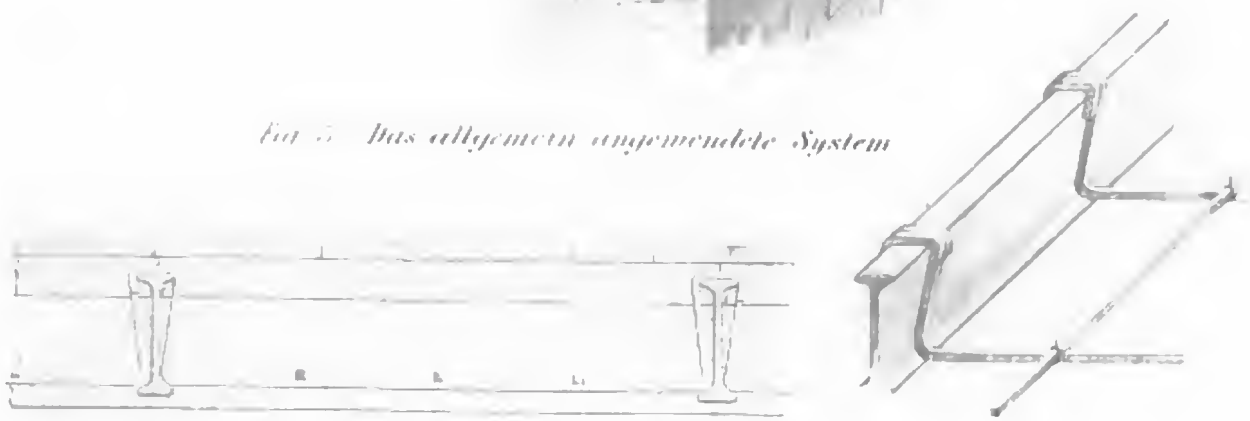
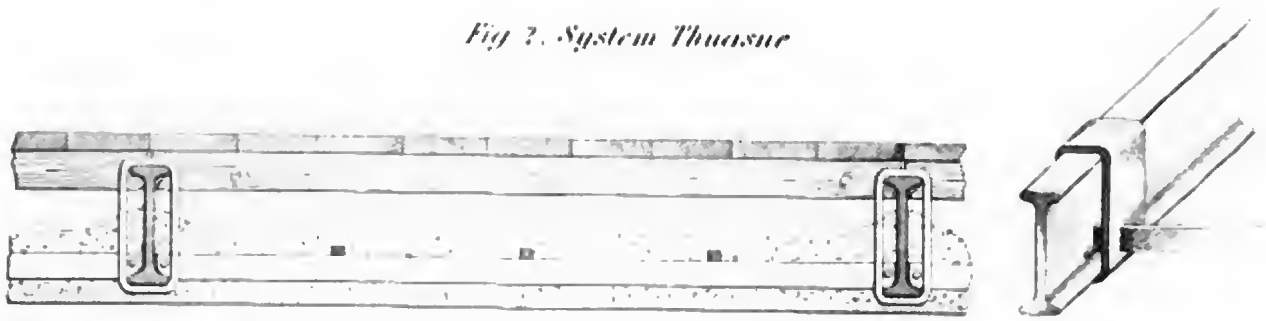


Fig 3. System Thuasne



Maßstab $\frac{1}{10}$ der natürlichen Größe.

Digitized by Google

zeigt habe; dieſem Umſtand ſei aber abgeholfen worden, und das Dach leiſte nunmehr wieder vortreffliche Dienſte. In Bezug auf die von Herrn Burnell erwähnte Ausdehnung des Gipſes äußerte ſich der Sprecher ſchließlich, er könne nicht begreifen, in wiefern der Druck nach unten ſtattfinden könne, wenn die Ausdehnung nach oben durchaus nicht gehindert ſei.

Hr. Fowler bemerkte, daß ein ſolches Hinderniß allerdings da ſei, indem der Gips in Form einer Kurve nach aufwärts gegen den Balken gedreht werde und demnach bei ſeiner Ausdehnung nach abwärts drücken müſſe.

Hr. Piper behauptete, der Gips dehne ſich nach allen Richtungen hin aus. Er führt den Boden in dem Waarenhaus der Herrn Clowes an, welcher auf die gewöhnliche Weiſe aus Bauholz konſtruirt ſei, aber an ſeiner untern Fläche eine Lage Bretter habe, welche mit Gips ausgefüllt die Decke des untern Raumes bilde. Die Ausfüllungsmaſſe beſtehe aus zwei Theilen Sand und einem Theil Gips. Der Fußboden ſelbſt beſtehe aus drei Lagen flacher Ziegel, wodurch ein vollkommen feuerfeſter und luftdichter Raum hergeſtellt wäre, der als Trockenkammer diene. Die Ausdehnung des Gipſes hätte keine üblen Zufälle zur Folge gehabt. Schließlich ſpricht er ſich bei einer Vergleichung des Gußeiſens mit dem Schmiedeiſen zu Gunſten des letztern aus.

Hr. Smith ſtellte als Thatſache auf, daß es für das Eiſen, namentlich das Schmiedeiſen kein zerſtörenderes Material gäbe als den Gips von Paris. Die Tragbalken könnten allerdings mit irgend einem ſchützenden Ueberzug verſehen werden; bei jedem Bewegen derſelben aber laufe man Gefahr, daß er ſich abſtoße, und die geringſte nackte Stelle gäbe dem Gips Gelegenheit zur Korroſion des Eiſens. Kalk ſei ein Schutzmittel für das Eiſen und deshalb ſei es gut, wenn die Tragbalken einen 2½" dicken Ueberzug von gewöhnlichem Mörtel erhielten, ehe ſie mit dem Gips in Berührung kämen. —

Die nächſte Sitzung vom 23. Jänner wird eröffnet mit einem Vortrag Herrn Barret's über ein feuerfeſtes Konſtruktionsſyſtem von Decken nach der unter dem Namen der Herrn Fox und Barrett bekannten Methode (Blatt 632).

Die bei dieſem Syſtem erreichten Bedingungen, es möge nun auf öffentliche Gebäude, auf Wohnhäuſer, Magazine, Mühlen oder andere Bauten angewendet werden, ſind folgende:

Jede Decke ſo wie das Dach des Gebäudes ſind feuerfeſt, ſo daß kein Brand von einem Stockwerk auf den andern überſpringen, noch auch nach Abbrennen des Daches in das Innere des Gebäudes dringen kann.

Jeder Seitendruck oder ſchwächende Einfluß auf die Mauern wird vermieden; die Laſt wird auf dieſe letzteren vertheilt und nicht auf gewiſſe Punkte koncentrirt; die Gebäude werden gegen die trockne Fäule geſchützt; der Bau gewinnt an Feſtigkeit und Dauerhaftigkeit, und die Decken werden auf praktiſche Weiſe ſchnell dicht gemacht, wenn ſie oberhalb gedielt werden.

Dieſe Vortheile verbinden ſich mit einer großen Einfachheit und Oekonomie des Baues; die Decken haben eine bei weitem geringere Dicke.

Dieſe Bedingungen werden dadurch erfüllt, daß die Decken aus einem eben ſo unzerſtörbaren Material beſtehen wie die Mauern ſelbſt; das Charakteriſtiſche hierbei iſt: die Subſtituirung ſchmiede- oder gußeiſerner Längen- und Querbalken anſtatt hölzerner, und die Anwendung von Lagen unverbrennbaren Materials, welche von den Querbalken getragen und feſt mit dieſen verbunden ſind. Die ganze Kombinazion bildet einen feuerfeſten Grund, auf den ſich der Fußboden legen läßt; hierzu iſt jedes Material tauglich, wie Cement, Aſphalt, Ziegel, Schiefer, Stein u. ſ. w.; auch läßt ſich auf dieſen Grund eine gewöhnliche Dielung auf leichten Durchzugsbalken oder ſchräg geſchnittenen Leiſten legen.

Die Konſtrukzionsmethode iſt nun in ihrer Ausführung folgende: Die Balken werden während des Bauens gelegt, indem ihre Enden eingemauert werden; ſodann wird die Decke durch leichte Holzſtreifen gebildet, welche von einem Balken zum anderen in der Quere auf deren unteren Rippen ziemlich nahe aneinander liegen; über dieſelben kommt eine Lage groben Mörtels, welcher zwiſchen die Holzſtreifen abwärts gedrückt wird und mit dieſen eine rauhe unebene Fläche bildet, die dazu dient, den Putz der Decke zu tragen; die Holzſtreifen liegen alsdann ganz in Mörtel eingebettet. Das nächſte iſt eine für die erforderliche Feſtigkeit des Bodens hinlänglich dicke Lage von Konkret, deren Stärke von der Art des Gebäudes, der Tragweite und dem erforderlichen Grad von Feſtigkeit beſtimmt wird. Die Decke erhält eine ſolche Stärke, daß die

Digitized by Google

Rippen der T förmigen Balken vollkommen eingebettet liegen und dergeſtalt vor einem von unten an ſie dringenden Feuer geſchützt werden. Das Ganze gibt eine feuerfeſte Konſtrukzion von ungemeiner Härte und Feſtigkeit, ſobald einmal der Konkret feſt geworden iſt, indem nämlich der Druck auf die Wände in vollkommen vertikaler Richtung ausgeübt wird. Sobald der Konkret feſt und trocken iſt, wird der Fußboden gelegt.

Die Balken haben eine Geſtalt, welche Feſtigkeit mit Leichtigkeit und Oekonomie verbindet; ihr Querſchnitt richtet ſich nach der Art und dem Zweck des betreffenden Baues, und in allen Fällen werden ſie vor ihrer Aufſtellung mit einer viel größeren Laſt probirt als ſie je im äußerſten Fall zu tragen haben können. Die Belaſtung muß beim Gußeiſen bis zu einem Drittel der Brechungslaſt und beim Schmiedeiſen bis zur Elaſtieitätsgrenze gehen. Dieſe Vorſicht mag bei dem letzteren Material vielleicht unnöthig ſcheinen, zumal da durch die Konſtrukzionsmethode das ganze Eiſenwerk feſt miteinander verbunden wird; indeſſen gewährt eine Probe der T förmigen Balken eine größere Beruhigung, zumal da ſie ſich mit einem Hebel ohne große Koſten ausführen läßt.

Die Leiſten, welche dem doppelten Zweck einer Unterlage für den Konkret und eines Trägers der Decke entſprechen, können anſtatt aus Holz auch aus jedem feuerfeſten Materiale beſtehen; es iſt indeſſen erſichtlich, daß dieſe Leiſten bei ihrer Anordnung und vollſtändigen Einlagerung in Mörtel gegen Verbrennung vollkommen geſchützt ſind; durch den darüber liegenden Konkret wird jeder Luftſtrom abgeſchnitten, und auch dies trägt weſentlich dazu bei, ſie praktiſch vollkommen feuerfeſt zu machen. Dies bewies ſich bei verſchiedenen Gelegenheiten. Unter den anderen Materialien, die ſich anſtatt dieſer Holzleiſten anwenden laſſen, verdienen kleine Drainröhren erwähnt zu werden, welche namentlich in dreieckiger Form eine ausgezeichnete Grundfläche für die Decken abgeben.

Der Konkret beſteht aus einem Material, welches an dem Ort, wo der Bau ausgeführt wird, leicht zu erhalten iſt, wie feiner Kies, gebrannter Thon oder zerſtoſſene Ziegel in ſchicklichem Verhältniß mit gutem Kalk gemiſcht; das Ganze wird im naſſen Zuſtande aufgeſchüttet und gut getreten. Für den darauf zu legenden Fußboden laſſen ſich nächſt der gewöhnlichen Dielung Cemente verſchiedener Art verwenden; Aſphalt, metalliſche Lava, Schiefer und Ziegel ſind ſowohl bei Fußböden als auch Dächern zur Herſtellung der geraden Oberfläche benutzt worden.

Bei Wohnhäuſern und ähnlichen Gebäuden, die nach dieſem Syſtem erbaut werden, probirt man zuerſt die Tförmigen Balken einzeln mit einer Belaſtung von 120 bis 150 Pfund pro Quadratfuß Decke, was beim Gußeiſen ein Drittel der Brechungsbelaſtung und beim Schmied- oder Stabeiſen die Elaſticitätsgrenze des Metalls ausmacht. Für andere Gebäude, die feſtere Decken erfordern, muß natürlich die Feſtigkeit eine größere und die Probe eine ſtrengere ſein. Die Feſtigkeit der Balken wird weſentlich dadurch erhöht, daß ihre Enden feſt in die Wände eingelaſſen ſind; ſomit wird ſie auch in dem Grade vermehrt als der Bau fortſchreitet, und zugleich werden die T Balken gegen alle Erſchütterung geſchützt. Die Leiſten oder Röhren bilden den Grund einer fortlaufenden Verſtrebung, welche durch die Anwendung des Mörtels und des Konkrets vollendet wird; letzterer umſchließt genau das ganze Eiſenwerk, welches ſomit zu beiden Seiten den gleichen Druck erleidet; der Konkret wird unter den oberen Rippen der T Balken gut niedergetreten. Hieraus erhellt, daß die T Balken nur durch das Medium des Konkrets eine Kompreſſion erleiden können. Das Folgende gibt einen Begriff von dem enormen Gewicht, welches erforderlich iſt, um eine ſolche Decke einzudrücken. Man nehme einen Raum von 18 Fuß in □ an, ſo beträgt ſein ganzer Inhalt 324 Quadratfuß; die T Balken haben eine äußerſte Feſtigkeit von 405 Pfund pro Fuß, obgleich dieſe nur zu 120 bis 150 Pfund gerechnet wird; nimmt man nun an, die Erhöhung der Feſtigkeit durch die Konſolidirung und Verbindung der ganzen Maſſe betrage nur 25 Procent, ſo iſt die Brechungslaſt 500 Pfund pro Quadratfuß, was mit 324, der Anzahl der Fuße, multiplicirt, ein zum Zerdrücken einer Decke von 18 Fuß erforderliches Gewicht von 1446 Centner oder über 72 Tonnen gibt. Hierbei muß noch bemerkt werden, daß dies keine Decke von außergewöhnlicher Feſtigkeit, ſondern nur die eines gewöhnlichen Wohnhauſes iſt, welche bei einem Gewicht von 200 Perſonen nur 15 Tonnen oder ein Fünftel der Brechungslaſt trägt.

Unſere Annahme von 25 Procent als der Erhöhung der Feſtigkeit iſt eine ſehr geringe, da man allgemein annimmt, durch die Befeſtigung eines Balkens werde

Digitized by Google

deſſen Feſtigkeit um das Doppelte oder 50 Procent vermehrt; und das Hauptprincip dieſes Syſtems iſt ja die allmählige Entwicklung von Feſtigkeit, indem die Einwirkung der Laſt durch das Medium des Konkrets auf die Mauern oder andere vertikale Stützen übertragen wird, und die ganze Decke in der That als ein großer Balken mit eiſernen Rippen bezeichnet werden kann. Dieſe Berechnung bezieht ſich auf gußeiſerne T Balken; bei ſolchen von Schmiede- oder gewalztem Eiſen würde die Feſtigkeit noch bei weitem beträchtlicher ſein.

Es gibt natürlich eine Grenze, bis zu welcher ſich Balken allein anwenden laſſen; da aber Räume von 24 Fuß Weite mit ſolchen überdeckt wurden, und zwar ohne die Anwendung von Unterzügen, ſo wird es nur ſelten nöthig werden, bei Wohnhäuſern und andern Gebäuden der Art letztere anzuwenden. Beträgt indeſſen die Spannweite um ein beträchtliches mehr als 20 Fuß, ſo iſt die Anwendung von Trägern mit kleineren auf deren Rippen ruhenden Querbalken die ökonomiſchſte Methode. Auf dieſe Art ſind Fußböden von 60 Fuß Spannweite gebaut worden, indem die Träger auf 20 Fuß voneinander entfernten Säulen ruhten. Ohne die Anwendung von Säulen wurden Decken von 30, 36 und 42 Fuß Spannweite mit Trägern und Balken gebaut Es läßt ſich ſomit kaum eine Grenze für die Anwendung des Syſtems in Bezug auf den zu überdeckenden Raum beſtimmen; zugleich gibt es wahrſcheinlich keine Art von Gebäuden, für welche es nicht paſſen möchte. Außer in öffentlichen Gebäuden verſchiedener Art, wie Spitäler, Irren- und Arbeitshäuſer, Eiſenbahnhallen, Bankgebäude, Hotels, Ausſtellungsräume, Bäder und Wachhäuſer, Schulen u. ſ. w., iſt das Syſtem bei Privatgebäuden, wie Land- und Wohnhäuſer, Bureaux und Ateliers vielfach angewendet worden. Auch bei Magazinen und Mühlen hat man ſich ſeiner bedient.

Dieſes Syſtem iſt ſomit nicht als eine bloße Theorie zu betrachten, es hat vielmehr ſchon eine ſehr weit verbreitete Anwendung gefunden und bereits eine Probe von 20 Jahren beſtanden. Die Einführung dieſes Konſtrukzionsſyſtems verdanken wir dem kürzlich verſtorbenen Arzte, Herrn Dr. Henry Hawes Fox. Derſelbe errichtete in den Jahren 1833 und 1834 eine großartige Privatirrenanſtalt in Gloucesterſhire, und zwar ganz nach dieſem Princip, und 10 Jahre ſpäter ließ er ſeine Erfindung auf das Drängen ſeiner Freunde patentiren. Meine Verbindung mit dieſem Syſtem datirt erſt vom Jahre 1848 her, ſeit welcher Zeit es, wie bemerkt, bei Gebäuden aller Art eine erfolgreiche Anwendung gefunden hat. Dieſe Daten habe ich aus dem Grunde angeführt, damit nicht Einzelne den Glauben hegen möchten, als ſei dieſes Syſtem dem in Herrn Burnell's Aufſatz beſchriebenen franzöſiſchen Syſtem entlehnt.

Im Jahre 1850 beſuchte ich Paris mit Empfehlungen an verſchiedene Architekten, und ich fand daſelbſt nur einen, welcher der betreffenden Anwendung des Eiſens gegen mich erwähnte. Es war damals auch nur ein Gebäude nach dieſem Princip im Bau begriffen, das Hospice de la République an dem Nordbahnhof von Paris. Die Decken waren aus Trägern von Schmiedeiſen konſtruirt, die aus zwei rechtwinkligen Schienen beſtanden, von denen die untere gerade und die obere gekrümmt war; in Entfernungen von 5 Fuß waren ſie durch vertikale Bänder miteinander verbunden. In Abſtänden von je vier Fuß waren die Träger rechtwinklig durch Querriegel verbunden, und drei kleinere flache Schienen befanden ſich zwiſchen jedem Träger; hierdurch entſtanden Räume von 4 Fuß auf 15 Zoll, welche mit etwas keilförmigen Töpfen ausgefüllt und mit Gips umgeben wurden; oben auf die Töpfe wurde ein Ziegelpflaſter gelegt, welches hölzerne Balken trug, und über dieſem lag der gedielte Boden. Das Ganze erſchien als eine ſehr verſchwenderiſche Konſtrukzionsmethode, da die Stärke bei einer Spannweite von 3½ Meter oder 11 Fuß 6 Zoll ungefähr 18 Zoll betrug. Dies war nach der Patentirung der Fox'ſchen Erfindung das einzige Beiſpiel, von dem ich hörte. Aber auch abgeſehen von dem früheren Datum erhellt bei genauerer Prüfung ſogleich, daß beide Syſteme ſowohl in Bezug auf Konſtrukzion als in Bezug auf Oekonomie weſentlich voneinander differiren; nur in Hinſicht auf Form der Balken ſind ſie einander ähnlich, ausgenommen daß die franzöſiſchen nach dem Centrum oder der neutralen Achſe zu ſpitz zulaufen. Die beſondere Form der pariſer Querriegel iſt da zweckmäßig, wo es Gips im Ueberfluß gibt, indem dieſer bei ſeinem chemiſchen Verhalten ſo raſch feſt wird, daß ein ziemlich großer leerer Raum ohne irgend einem dazwiſchen liegenden Träger damit ausgefüllt werden

Digitized by Google

kann. Dieſe Querriegel ſind indeſſen augenſcheinlich viel koſtſpieliger als die Holzſtreifen, welche in meinem Syſtem den Konkret aufnehmen. Das Ausfüllungsmaterial iſt verſchieden ſowohl in Hinſicht auf ſeine Dicke als auch auf ſeine Expanſionstendenz, ſeine mögliche Einwirkung auf das Eiſen und die innige Verwandtſchaft des Gipſes zum Ammoniak; ſchließlich ſind auch die Endreſultate beider Konſtrukzionsmethoden verſchieden, indem die eine eine Decke gibt, die bei einer gewöhnlichen Belaſtung der Biegung unterliegt, und die andere eine Decke von ungemeiner Feſtigkeit erzielt.

Die Zeichnungen Fig. 3 bis 9 veranſchaulichen die Anwendung des Syſtems in Fällen von großen Tragweiten, wo Träger erforderlich ſind. Fig. 3 iſt ein Durchſchnitt, welcher die Anwendung des Syſtems mit Trägern und Balken von Gußeiſen zeigt; dieſe Konſtrukzionsmethode wurde in einer großen Flachsmühle zu Neivry, in einem Eiſenwaarenmagazin zu Briſtol, in dem St. Markus-College von Chelſea, in dem Metropolitan Convalescent Asylum, ſo wie in verſchiedenen anderen öffentlichen und Privatgebäuden angewendet. Die Träger, deren Durchſchnitt gegeben iſt, ruhen auf Säulen oder Mauern, und die Balken, die im Aufriß zu ſehen ſind, laufen rechtwinklig zu den Trägern, ruhen mit einem vorſpringenden Theil auf der Rippe des Trägers und bilden dergeſtalt eine Verriegelung. Die Stärke der Träger richtet ſich natürlich immer nach der Tragweite, und wenn die Stärke größer iſt als die Stärke der Decke, ſo iſt eine Zwiſchenrippe ſeitlich an den Träger angegoſſen. Der unter der Schaldecke vorſpringende Theil wird entweder mit Gips oder feuerfeſtem Cemente bedeckt und erhält alsdann die Form eines mit Gliederungen verzierten Balkens, wie in Fig. 3 zu ſehen iſt. Die Stärke der Decke überſchreitet bei dieſer Konſtrukzionsmethode ſelten 10 oder 12 Zoll, und die Raumerſparniß im Vergleich zu dem Syſtem mit eiſernen Trägern und dem Bogen aus Ziegeln erklärt ſich daraus, daß die Sprengung eines Bogens 20 Zoll Pfeil erfordert. Dieſer Unterſchied erſpart in Mühlen oder Magazinen von mehreren Stockwerken entweder 3 oder 4 Fuß Mauerwerk im Umfang des Gebäudes oder verſchafft den einzelnen Stockwerken eine größere lichte Höhe. Fig. 4 und 5 zeigen die Verbindung von ſchmiedeiſernen Trägern aus Keſſelblechbalken und gußeiſernen Balken, wie ſie in den kürzlich aufgeführten großen Neubauten am Guy-Spital angewandt wurden, wo die Zimmer 21 bis 30 Fuß Tiefe haben. Die Träger nehmen an beſonderen angenieteten gußeiſernen Stücken die Köpfe der Querbalken auf, welche ebenfalls aus Gußeiſen beſtehen. Die Fig. 6 und 7 zeigen die ausſchließliche Anwendung des Schmiedeiſens ſowohl bei Trägern als Balken. Die erſteren, die ebenfalls aus Keſſelplatten beſtehen, haben eine Zwiſchenrippe, welche den erforderlichen Aufliegepunkt für die Balken gibt. Die letzteren ſind von gewalztem Eiſen und ſind hie und da durch kleine angenagelte oder angenietete Platten mit den Trägern verbunden. Dieſes Prineip iſt in verſchiedenen öffentlichen Gebäuden zur Anwendung gekommen, und zwar beträgt die größte bis jetzt angewendete Tragweite 42 Fuß; dieſe läßt ſich aber leicht noch weiter ausdehnen, da die Anwendung von Keſſelblechträgern mit Balken aus gewalztem Eiſen gegen jeden möglichen Zufall ſicher ſtellt, es handle ſich nun um Tragweite, Feſtigkeit der Decken, oder um Druck und Erſchütterungen. In Fällen aber, wo durch Säulen die Tragweite auf 9 oder 10 Fuß reducirt werden kann, laſſen ſich die nämlichen Vortheile auch bei der Anwendung von gewalztem Eiſen ſowohl für Träger als Balken erzielen, und man vermeidet dergeſtalt die Keſſelbleche, deren Verarbeitung nothwendig etwas koſtſpielig iſt. Die Zeichnung Fig. 8 gibt dieſe doppelte Anwendung von gewalztem Eiſen in dem Grundriß einer Decke von 63 bei 28 Fuß mit einer Reihe gußeiſerner die Mitte des Raums einnehmender Säulen; dieſe letzteren tragen eine Reihe von Trägern aus gewalztem Eiſen, die durch ein Loch in dem Kopf der Säule gehen, wie aus Fig. 9 zu ſehen iſt. Auf den Trägern liegen die Balken, welche zu einer ſolchen Länge ausgewalzt ſind, daß ſie durch die ganze Breite des Gebäudes einſchließlich der Aufliegepunkte in den Seitenmauern reichen. Der Vortheil ſolcher lang ausgewalzter Querbalken, die auf den Trägern befeſtigt ſind, iſt ein ſehr bedeutender, indem hierdurch nicht nur eine ſehr feſte Verbindung erzielt wird, ſondern die Decke auch ungemein an Feſtigkeit gewinnt. Dieſen Vortheil gewährt nur das Schmiedeiſen. Die Köpfe der Balken können entweder durchbohrt und mittelſt einer Stange oder eines S förmigen Stücks mit den Mauern befeſtigt oder mit einer eingemauerten eiſernen Platte durch Niete verbunden werden. Indem man auch die Köpfe der Tragbalken mit den Mauern feſt verbindet, wird dergeſtalt eine feſte Vereinigung in jeder Richtung

Digitized by Google

erzielt, und das Ganze bildet ein ſchmiedeiſernes Gerippe von ungemeiner Feſtigkeit, bei welchem jeder einzelne Theil zur Unterſtützung des anderen dient. Bei Gebäuden von größerer Breite würde bei einer zweiten Reihe von Säulen dieſelbe Anordnung möglich werden; die Balken werden in dieſem Fall zu längeren und kürzeren Stücken ausgewalzt und dieſe abwechſelnd über die Träger gelegt; an den Punkten, wo ſie auf den letzteren aufliegen und ein Glied bilden, werden ſie miteinander durch Bolzen oder Niete verbunden.

In Folge eines Vorurtheils gegen gußeiſerne Balken, obgleich dieſe bereits eine ſehr ausgedehnte und den Erwartungen entſprechende Anwendung gefunden hatten, richtete ich vor 3 oder 4 Jahren meine Aufmerkſamkeit auf das Schmiedeiſen. Hier aber hatte ich einen noch ganz neuen Boden zu bebauen; es mußten zuerſt Verſuche angeſtellt und mancherlei Hinderniſſe von Seiten der Fabrikazion überwunden werden. Die Hauptfrage beſtand darin, ob die am beſten ſich eignende Form, der doppelt ⊤ förmige Querſchnitt nämlich, der bei dem gewalztem Eiſen noch unbekannt war, auch die erforderliche Feſtigkeit gewähre. Es wurden deshalb an einfach T förmigen Balken Verſuche angeſtellt und daraus für meine doppelt ⊤ förmigen Balken von 4 bis 8 Zoll Stärke eine Formel abgeleitet. In der Folge wurde die Richtigkeit dieſer Formel durch Verſuche vollkommen beſtätigt; ich hatte aber meine Verſuche nicht weiter als auf 60 Procent über die Elaſticitätsgrenze hinaus ausgedehnt, wobei ſich nur eine permanente Biegung von $^3/_{40}$ Zoll ergeben hatte. Ich wußte wohl, daß in Frankreich eiſerne Deckenbalken angewendet worden waren, ich wußte aber nichts von deren Feſtigkeit und hatte damals weder ſolche Balken noch auch ſolche Decken überhaupt geſehen. Kürzlich erſt habe ich über die in Paris als nothwendig geltende Feſtigkeit Einiges erfahren und einige Proben ſolcher Balken ſammt der Angabe von Verſuchen über deren Feſtigkeit erhalten. Letzteres iſt in Bezug auf den Koſtenanſchlag, von dem ſogleich die Rede ſein wird, von Wichtigkeit.

Es ſcheint, daß in Paris unter keinerlei Umſtänden und nur mit Ausnahme einiger außerordentlicher Fälle die Balken näher als zu 70 bis 80 Centimeter voneinander entfernt liegen; bei einer Decke von 6 Meter werden Balken von 12 Centimeter Stärke und einem Gewicht von 14 oder 15 Kilogr. pro Meter angewendet.

Meiner Meinung nach iſt der erſte Punkt, die hinreichende oder noch beſſer die wirkliche Feſtigkeit der Balken zu beſtimmen, wie ſie in Paris angewendet werden; nach der oben angeführten Tabelle der Verſuche erhalten wir nun folgende Reſultate: *Balken* von 12 Centimeter Stärke und einem *Gewicht von* 15 Kilogr. pro Meter wurden bei einer Tragweite von 4, 6, 8 und 10 Meter erprobt. Reduciren wir dieſe Zahlen auf engliſches Maß, ſo haben wir bei 19 Fuß $8^1/_4$ Zoll Tragweite (6 Meter) und $4^3/_4$ Zoll Stärke des Balkens, 10 Pfund Gewicht pro Längenfuß und 30 Zoll (75 Centimeter) für die mittlere Entfernung der Balken voneinander. In der Tabelle findet man, daß ein Balken von dieſen Dimenſionen bei 6 Meter Tragweite mit 2000 Kilogr. in ſeiner Mitte belaſtet wurde, was einem gleich vertheilten Gewicht von 4000 Kilogr. oder 8800 engl. Pfund entſpricht. Der Flächenraum der von dieſen Balken getragenen Decke iſt
19 Fuß 8 Zoll × 2 Fuß 6 Zoll = 49 Fuß 2 Zoll und
8800 Pf. : 49 Fuß 2 Zoll = 179 Pfund pro Flächenfuß.

Ein ähnlicher Balken wurde mit derſelben Belaſtung bei 8 Meter Tragweite erprobt, was einer Belaſtung von 5333 Kilogr. bei 6 Meter entſpricht:
5333 Kilogr. = 11730 engl Pfund : 49 Fuß 2 Zoll = 240 Pfund pro Flächenfuß.

Da aber hiermit die äußerſte Feſtigkeitsgrenze noch nicht erreicht war, ſo wurde der Balken bei 10 Meter Tragweite erprobt, bis die Biegung gerade bis zu 50 Procent über die letzte Belaſtung zunahm. Es läßt ſich ſonach mit Recht behaupten, daß eine Laſt von 300 Pfund pro Quadratfuß Decke den Balken nicht brechen kann.

Von meinen Balken iſt keiner in dem Grade probirt worden, da ich wie bemerkt auf dem Grundſatz fuße, daß die Balken nicht über ihre Elaſticitätsgrenze hinaus belaſtet werden ſollen. Wir erhalten indeſſen leicht die Feſtigkeit des von mir zum Zweck einer Vergleichung angegebenen Balkens, wenn wir die einfache und allgemein angenommene Formel anwenden, daß ſich die Feſtigkeit verhält wie das Quadrat der Höhe multiplicirt mit der Dicke; ich will ſowohl den franzöſiſchen Balken als den von mir gebrauchten, welcher die Baſis zu meinen Berechnungen über die Koſten ſolcher Decken im Vergleich zu hölzernen abgibt, auf die rechtwinkliche Form reduciren und einen Vergleich anſtellen.

Digitized by Google

Bei dem französischen Balken gibt ein Gewicht von 10 Pfund pro Fuß eine Querschnittsfläche von gerade 3 Quadratzoll, und ein rechtwinkliger Balken von diesem Querschnitt und 4¾ Zoll Stärke würde folgende Resultate geben:

15 Kilogr. pro Meter = 10 Pf. pro Fuß = 3 □ Zoll = $\overline{4{,}75}^2 \times 0.63 = 14{,}214$, während der englische Balken gibt:

16 Pf. pro Fuß = 4,8 □ Zoll = $7^2 \times 0{,}686 = 33{,}614$.

Ferner gibt

14,214 : 19′ 8″ × 30″ = 0,289 pro □ Fuß,

und 33,614 : 20′ 0″ × 24″ = 0,840 pro □ Fuß,

was ein Resultat der vergleichungsweisen Festigkeit gerade von 1 zu 3 gibt. Eine Vergleichung des Gewichts ergäbe also:

Jeder französische Balken trägt

19′ 8″ × 30″ = 49′ 2″ und wiegt 220 Pfund = 450 Pfund pro Quadratfuß.

Jeder englische Balken trägt

20′ 0″ × 24″ = 40′ 0″

und wiegt 352 Pfund = 880 Pfund pro Quadratfuß; ein Verhältniß von beinahe 1 zu 2.

Hieraus ergibt sich unumstößlich die Schlußfolgerung, daß wenn meiner Beweisführung nach die Brechungslast des französischen Balkens gleich ist 300 Pfund pro Quadratfuß, dieselbe bei meinem Balken 900 Pfund beträgt. Wenden wir uns nun zu den Kosten, so finden wir diesen Punkt in der folgenden Tabelle in Bezug auf eine Decke für einen Raum von 12 Fuß im Quadrat und eine solche von 20 Fuß im Quadrat nach dem feuerfesten System und mit Bauholz konstruirt.

	Raum von 12′0 bei 12′0			Raum von 20′0 bei 20,0		
	Pf. St.	Sch.	D.	Pf. St.	Sch.	D.
Feuerfeste Decke aus festen gewalzten Balken und einer Cementfläche	7	14	10	32	4	3
Abzug des Mehrgehalts an Eisen bei den Balken zur Reducirung derselben auf die Festigkeit der französischen Proben	1	17	10	10	12	1
Kosten der feuerfesten Decke . . .	5	17	0	21	12	2
Hinzurechnung des Kostenunterschiedes zwischen 1zöll. Fußbodendielen und einer Cementfläche von 25 Sch. pro Quadratfuß	1	16	0	5	0	0
Kosten einer feuerfesten Decke mit gedielter Fläche . .	7	13	0	26	12	2
Kosten einer hölzernen Lehmdecke .	8	15	4	31	12	3

Bei diesen Berechnungen ist der Preis des Eisens zu beinahe 80 Procent höher angenommen als er vor anderthalb Jahren war.

Herr Barrett äußerte ferner, daß es zwar nicht thunlich sei seine Balken auf die französischen Dimensionen zu reduciren, daß aber ohne Zweifel gewalzte eiserne Balken von einer Festigkeit, die zwischen den französischen und seinen eigenen die Mitte hielten, mit Sicherheit angewendet werden könnten, wodurch die Kosten einer feuerfesten Decke mit Dielung derjenigen einer gewöhnlichen gestackten Decke gleich kämen. Der ausgezeichnete pariser Baumeister Thomas hat Fox und Barrett's System bei mehreren Häusern in Paris angewendet, und zwar mit Balken von der daselbst gewöhnlichen Festigkeit; er fand diese Decken zweckmäßiger als die nach dem französischen System konstruirten, indem letztere keine solche Steifigkeit besaßen und den Schall durchließen, wenn die genannten hohlen Töpfe in Verbindung mit Gips angewendet wurden. Herr Barrett schließt hierauf mit einigen allgemeinen Bemerkungen, indem er die Prüfung des fraglichen Systems sämmtlichen Architekten aufs wärmste empfiehlt.

Der Vorsitzende, Herr Mocatta, nimmt hierauf das Wort und sagt: alle Architekten fühlten wohl die Wichtigkeit und den Vortheil einer unverbrennbaren und unzerstörbaren Decke; Herrn Barrett's System sei seiner Meinung nach die Entwickelung des vor einigen Jahren von Fox in Gloucestershire ausgeführten, welches damals ein so großes Interesse erregt habe. In Bezug auf die zur Aufnahme des Konkrets bestimmten

Digitized by Google

Latten zwiſchen den Balken ſtellt er die Frage, ob dieſe leichten Latten im Stande wären eine ſo große Laſt zu tragen, da, im Fall ſie ſich biegen würden, nothwendigerweiſe die Decke ſpringen müßte.

Herr Barrett erwiederte hierauf, daß dieſe Latten den Konkret nur bis zu ſeinem Feſtwerden zu tragen hätten; ſie hätten 1 Zoll im Quadrat bei 24 Zoll Länge, und ihre Belaſtung betrüge nur $^1/_{14}$ ihrer Brechungslaſt. Mit dem Feſtwerden des Konkrets werde auch die ganze Konſtrukzion von dieſen Latten vollkommen unabhängig, und dieſelbe verlöre durchaus nicht an Feſtigkeit, wenn die Latten entfernt werden würden, inſofern dies möglich wäre. In ſeiner Praxis hätte er nie auch den geringſten Uebelſtand erfahren.

Herr Tite bemerkt, daß wahrſcheinlich hauptſächlich der Koſten halber bis jetzt ſolche eiſerne Deckenbalken keine größere Verbreitung gefunden hätten, welcher Punkt aber für Architekten einer der wichtigſten ſei. Er äußert ſich ſodann über die früheren Konſtrukzionsmethoden; zuerſt habe man eine Reihe Balken nebeneinander gelegt mit den kleinſten Dimenſionen nach abwärts; ſodann habe man ſtarke ſchwere Träger aus Eichenholz angewendet, wodurch man den größten möglichen Grad von Steifigkeit erreicht habe. Dieſes in Italien gebräuchliche Syſtem ſei von Sir C. Wren angenommen worden, und als nach dem Brand von London das Eichenholz ſelten geworden ſei, habe man ſtatt deſſen Kiefernholz genommen, welches ſich aber wegen ſeiner größern Elaſticität leicht biege, wie ſich herausgeſtellt; man habe deshalb ein Syſtem von armirten Trägern eingeführt und dieſes bis zu einem bedeutenden Grade ausgebildet. Sir Robert Smirke habe endlich den gußeiſernen Träger und die Anwendung des Konkrets eingeführt (letztern in dem Penitentiary, wo er ſich indeſſen nicht bewährt habe); ſein erſter gußeiſerner Träger habe die ungewöhnliche Länge von 34 Fuß gehabt und ſei zwiſchen den Mauern nicht weiter geſtützt geweſen. Den nächſten Schritt habe ein Schmied Farrell gethan, der unter Sir Smirke bei Cuſtom-Houſe gearbeitet; er habe nämlich ſtatt des ſpröden und deshalb gefährlichen Gußeiſens das Schmiedeiſen vorgeſchlagen und ein Patent darauf genommen; zwiſchen dieſem Syſtem und dem der jetzigen Diskuſſion unterworfenen beſtehe thatſächlich kein Unterſchied als in der ſinnreichen Ausfüllung des eiſernen Gerüſtes; in Frankreich bediene man ſich irdener Töpfe oder des Gipſes mit Eiſenſtangen zwiſchen den Querbalken, in England hölzerner Latten und des Konkrets; letzterer ſei aber nur ein Fortſchritt auf dem von Farrell betretenen Wege, welcher ſelbſt angegeben hatte, daß der Raum zwiſchen den Balken mit irgend einem feuerfeſten Material ausgeführt werden müſſe. Der von demſelben angewandte Balken habe die ⊥ Form gehabt, und da er kein gewalztes Eiſen bekommen konnte, ſo habe er die einzelnen Theile zuſammen genietet. Er ſelbſt (der Sprecher) habe dieſes Syſtem vor vielen Jahren in einem großen öffentlichen Schulhauſe, wo eine wohlfeile feuerfeſte Decke verlangt worden wäre, mit vollkommenem Erfolge angewendet, und als er unlängſt den Bau wieder beſichtigt, ſei er noch ſo gut wie zur Zeit des Baues geweſen. Der Raum zwiſchen den Balken habe in dieſem Falle 4 Fuß betragen und ſei mit 4 und 6 zölligen Yorkſhireplatten ausgefüllt worden, was eine gute obere und untere Fläche gäbe; die Zwiſchenräume ſeien mit römiſchem Cement ausgefüllt, aus welchem Material auch die Decke gemacht ſei. Der ſo konſtruirte Raum ſei 300 Fuß lang und im Durchſchnitt 15 Fuß breit geweſen. Herr Tite äußert ſich ferner, daß dies beſprochene Konſtrukzionsſyſtem von Decken auf die Architektur in ihren erhabeneren Formen nicht anwendbar ſei; ſie möchte für Werkſtätten und Arbeitsräume, Spitäler oder überhaupt dahin paſſen, wo flache Decken hinreichend wären; aber der Architekt habe ſehr oft auf Ornamentirung zu ſehen und müſſe alsdann dieſer gemäß ſeine Mittel wählen. Hier aber ſei es wohl zuweilen der Fall, daß die gewöhnliche von Sir Smirke eingeführte Methode mit ihren ſpäteren Verbeſſerungen zu ſolchen Zwecken geeigneter ſei als neuere Erfindungen. In Bezug auf das Feuerfeſtſein begnüge ſich die Welt nicht mit der wirklichen Sicherheit, ſondern verlange auch, daß überhaupt kein Theil eines Gebäudes verbrennbar ſei, ſelbſt wenn deſſen Verbrennen ganz gefahrlos wäre. Als einmal in der königl. Börſe, die er gebaut habe, in Folge einer gegen ſeine Angabe geſchehenen Erneuerung des Ofens eine Fenſterverkleidung Feuer gefangen und ganz zuſammengebrannt ſei, ohne indeſſen das Gebäude im geringſten zu beſchädigen, ſo ſeien viele Klagen laut geworden, daß das Gebäude nicht in allen ſeinen Theilen feuerfeſt wäre. Ueber die Anwendung des Konkrets als eines Schutzmittels gegen Feuer, beſonders bei einer nur wenige Zolle betragenden Dicke

Digitized by Google

desselben äußert der Sprecher mancherlei Zweifel und will dafür die, wie oben erwähnt, von ihm angewendeten Yorkshireplatten vorziehen. Er führt ferner an, daß Farrell eine Beschreibung seiner Methode nebst Zeichnungen an Sir Smirke gesandt und daß dieser darauf geantwortet habe, dasselbe sei vor 20 Jahren von ihm selbst angewandt worden, nur mit dem Unterschied, daß sein Träger seine Rippe oben ⊤ anstatt, wie hier ⊥ unten gehabt; ob der letztere aber Guß- oder Schmiedeisen angewendet, gehe aus der Antwort nicht hervor. Er empfiehlt schließlich den vorliegenden Gegenstand als einen Punkt von ungemeiner Wichtigkeit einer weitern sorgfältigen Diskussion.

Herr T. H. Wyatt entgegnete hierauf, es handle sich weniger darum, welches System den Vorzug verdiene, sondern welches sich allgemeiner anwenden lasse. Er selbst sei einer der ersten gewesen, die Fox und Barrett's System in größerem Maßstabe angewendet hätten, und sei daher im Stande Einiges zu dessen Gunsten zu sagen. Bei dem von ihm erbauten Wiltshire-Irrenhaus war es wesentlich den Kostenanschlag nicht zu überschreiten. Ursprünglich war zwar eine Lehmdecke bestimmt, aber die Anwendung des Fox und Barrett'schen Systems vermehrte die Kosten um keinen Schilling, und das Resultat war ein durchaus befriedigendes. Er hatte die Biegung der angewendeten Balken probirt und sie sehr gering gefunden; er sei überzeugt, daß jede ordentliche Mauer das Gewicht dieser Konstrukzion tragen würde, da sich dieses in der That nicht höher als auf 78 Pfund pro Flächenfuß Decke belaufe. In dem angeführten Gebäude habe er Balken bis zu 16 Fuß Tragweite angewendet, aber seither hätten auch solche von größeren Tragweiten ein durchaus befriedigendes Resultat ergeben. Er habe einigen Zweifel über ein mögliches Nachgeben der Balken gehegt, indessen glaube er jetzt mit Herrn Barrett, daß sich diese nach dem Festwerden des Konkrets entfernen ließen. Der einzige ernstliche Zweifel beruhe auf der Feuchtigkeit, die sich aus dem Konkret entwickeln könne, wenn nämlich der dieselbe bedeckende hölzerne Fußboden vor seiner gänzlichen Austrocknung gelegt werde. Er habe einen gedielten Boden in Verbindung mit diesem System angewandt, wenn er aber ein Haus für sich selbst baue, dann würde er einen solchen von Cement vorziehen. In dem von Dr. Fox erbauten Irrenhaus seien seines Wissens keine hölzerne Fußböden. In Bezug auf die Höhe der eisernen Balken habe er Barrett's Berechnungen geprüft und sei überzeugt, daß sie vor jeder möglichen Gefahr sicher stellten; die Formeln ließen sich noch beträchtlich reduciren und blieben dennoch innerhalb der Grenzen der Sicherheit. Der Sprecher machte sodann auf die Wirkung einer Flamme auf gewöhnlichen Gips aufmerksam und beschreibt einige Versuche, die Herr Hardwick in den St. Katharinen-Docks angestellt, wobei 1⅛ bis 1¼ Zoll dicke, an die untere Fläche der hölzernen Deckenbalken angeschraubte Gipsplatten einer sehr heftigen Flamme von brennenden Theerfässern ausgesetzt wurden; es habe sich dabei gezeigt, daß die Wirkung des Feuers auf die Decke ohne sonderliche Gefahr statthabe, selbst wenn der ganze Raum mit seinem ganzen Inhalt in Flammen stände. Hieraus leitete er ab, daß aus den in dem Fox und Barrett'schen System angewendeten Latten kein Einwurf gegen dasselbe erwachse. Schließlich empfiehlt er das System der wohlverdienten Aufmerksamkeit der Anwesenden.

Herr J'Anson äußerte sich ebenfalls zu Gunsten des Fox und Barrett'schen Systems. Obgleich sowohl dieses als das französische System einige Analogie mit den alten von Herrn Tite beschriebenen Methoden habe, so hätten sie vor den letzteren dennoch vieles voraus. Der Konkret und noch manche andere Substanzen seien den Yorkshireplatten bei weitem überlegen, insofern sie zur Festigkeit der Balken, so wie der ganzen Konstrukzion wesentlich beitrügen. Die Elasticität der Balken sei vor der Ausfüllung sehr beträchtlich, aber nach ungefähr 6 bis 8 Monaten werde die Decke vollkommen steif. Er habe Barrett's System in einem Wohnhaus von 45 auf 26 Fuß Dimension angewendet, und die Ausgaben für das Eisen hätten 90 Pf. St. nicht überschritten.

Herr Tite bemerkte, daß in Farrell's Plan der Yorkstein mittelst Cement vollständig mit dem Eisen verbunden sei.

Herr Boulnois führte eine Behauptung Brunels an, daß nämlich der Konkret sehr leicht Trennungen seines Zusammenhangs erleide und sich bei dem Fox und Barrett'schen System sonach von den Balken ablöse. Er habe vor 3 Jahren dieses System bei 19 Fuß Tragweite angewandt, und zwar mit Balken ohne eine obere Rippe; die Decke habe aber bedeutende Vibrazionen gezeigt, welcher Umstand bei nicht vorherge-

Digitized by Google

ſehenen Fällen, z. B. beim Tanzen, auf der Decke, noch bedeutend erhöht werden könne. Er ſtellt ſchließlich die Frage, ob der Konkret eine ſtarre Platte wie der von Herrn Tite angewendete Stein darſtelle, und ob Herr Barrett je die Erfahrung gemacht habe, daß ſich der Konkret von den Balken ablöſe.

Herr Barrett verneint dieſe Frage und fügt hinzu, der Konkret könne weder von oben noch von unten beeinflußt werden, ausgenommen bei einem vollkommenen Bruch des oberen Theils. In ſeiner zwanzigjährigen Praxis, wo er Tragweiten von 18 Fuß gehabt, ſeien ihm unter keinerlei Umſtänden Vibrazionen oder Trennungen des Konkrets von den Balken oder in ihrem eigenen Zuſammenhang vorgekommen. Dieſer Behauptung pflichtet Herr Boulnois bei und führt für die Richtigkeit derſelben das Beiſpiel der Wagenfabrik der Herrn Nurſe in Regent-Street an.

Herr Piper bemerkt, ſein eigner Thorweg ſei mit Balken von gewalztem Eiſen überdeckt; die Ausfüllung beſtehe aus gewöhnlichem York-Pflaſterſtein und darüber liege (der Bauakte wegen) eine 14 Zoll dicke Schicht Konkret. Er wende ſie übrigens nicht mehr an, da er bemerkt habe, daß York-Pflaſterſtein vom Feuer ſehr leicht zerſtört werde und deshalb in der Praxis keine feuerfeſte Decke abgäbe. In Bezug auf die von Herrn Boulnois angeführten Vibrazionen glaube er, daß eine ſolche Decke ſich entweder bedeutend oder gar nicht biegen werde, und daß in der That eine vollſtändige Verbindung des Konkrets mit dem Metall ſtattfinde und in den Schwingungen kein Unterſchied wahrnehmbar ſei. Eine Decke über einem Stall, (deſſen Bodenraum als Heu- und Fruchtmagazin diente), welche mit Portlandcement bedeckt war, hat nach 6 Jahren nicht die geringſte Beſchädigung gezeigt. Mit den Latten des Barrett'ſchen Syſtems erklärte er ſich bezüglich des Widerſtandes des Gipſes gegen das Feuer für einverſtanden.

Herr Tite wirft die Frage auf, was für Verſuche über die Einwirkung des Feuers auf den Konkret angeſtellt worden wären. Er befürchte, daß derſelbe wegen der Beimengung von Kieſelſtein unter der Einwirkung des Feuers berſten und nachgeben würde.

Herr White führte den Brand in den Magazinen des Hrn. Ald. Humphreys im Februar 1851 an, bei welcher Gelegenheit ſeiner Ueberzeugung nach nur durch den Konkret die Weiterverbreitung des Feuers auf die mit werthvollen und brennbaren Waaren gefüllten Gewölbe verhütet worden ſei.

Herr Barrett lieſt einen Auszug aus der „Times“ vom 21. Februar 1851 vor, in welchem dieſelbe Behauptung ausgeſprochen wird, und erwähnt noch mehrere andere Beiſpiele.

Herr Tite behauptet, daß Yorkſtein einem auf ſeiner Oberfläche brennenden Feuer nicht unterliege, und verlangt neuerdings einen Beweis für die Widerſtandsfähigkeit des Konkrets gegen das Feuer.

Herr Barrett entgegnete, ſein Syſtem habe in Wohnhäuſern ſchon oft dem Feuer Widerſtand geleiſtet, bei einem Brand in einem großen Magazin aber habe es noch keine Probe erfahren.

Herr Heſketh hält den Brand in den Magazinen von Humphreys für keinen genügenden Beweis für die Zweckmäßigkeit und Tüchtigkeit des Konkrets; dieſer ſei nicht von unten angegriffen worden, und oben habe ihm der herabfallende Schutt als ſchützende Decke gedient.

Herr Boulnois beklagte ſich, daß die Feuerverſicherungsgeſellſchaften auf die Anwendung des patentirten Syſtems keine Rückſicht nehmen, was der Fall ſein müßte, wenn die Patentbeſitzer den Beweis liefern würden, daß die Konſtrukzion wirklich feuerfeſt ſei.

Herr Barrett entgegnete, dies ſei Sache des Eigenthümers; ſo koſte das Haus, in dem ſeine eigenen Bureaux ſeien, 3000 oder 4000 Pfund St., und ſei gleichwohl nur für 600 Pfund St. verſichert, alſo gerade um ſo viel, daß der kleine Schaden, der möglicherweiſe ſtatt haben könne, gedeckt werde.

Herr Smith gibt die Urſachen an, weßhalb einzelne Arten des blättrigen Yorkſteins, der zu feuerfeſten Konſtrukzionen benutzt werde, der Wirkung des Feuers leichter unterlägen als andere. Der ſchon in der Natur getheilt vorkommende Stein enthalte nämlich mehr Thon und abſorbire daher Feuchtigkeit, welche bei großer Hitze in Dampf verwandelt werde; er zerſplittere daher und entſpreche mithin ſeinem Zwecke durchaus nicht. Unter gewöhnlichen Umſtänden halte ſeiner Meinung nach der Konkret einen bedeutenden Hitzegrad aus, und vielleicht einen beträchtlicheren als Yorkſtein. —

In der Sitzung vom 6. Februar bemerkt Herr C. Nelſon nach einer kurzen Ueberſicht über die bisher gepflogene Diskuſſion, daß ſich bei einer Vergleichung des franzöſiſchen und engliſchen Deckenſyſtems eine große Aehnlichkeit zwiſchen beiden nament-

Digitized by Google

lich in einem Punkte ergäbe, indem nämlich bei beiden die eiſernen Balken die Hauptſache ausmachten; bei dem engliſchen Syſtem ſeien die Balken genauer miteinander verbunden als bei dem franzöſiſchen, bei welchem letzteren Syſtem die eiſernen Querriegel viel weiter auseinander liegen als die hölzernen Latten der engliſchen Methode; das Ausfüllungsmaterial aber differire weſentlich, indem in einem Fall pariſer Gips oder Gips in Verbindung mit hohlen irdenen Töpfen, im andern Fall eine Maſſe aus Kalk, Sand und Kies angewendet werde. Keines der beiden fraglichen Syſteme ſei als ein ganz neues zu betrachten, da in der That ſchon im Jahre 1849 Herr Donaldſon einen Aufſatz vorgeleſen habe, in welchem eine Konſtrukzionsmethode eines Ingenieurs, Namens Thompſon, beſchrieben geweſen ſei, nach welcher hier bei einer Brücke über einer Eiſenbahn in der Nähe von Glasgow röhrenförmige eiſerne Träger aus ⅛ Zoll dicken Platten durch Ausfüllung mit Konkret ſtarr und ſteif gemacht worden wären; die Träger ſeien mit Eiſenſtangen zuſammen verbunden und der dazwiſchen liegende Raum mit einer aus Ziegeln gemauerten Wölbung ausgefüllt worden. In Bezug auf die bereits früher angeregte Frage in Betreff der Ausdehnung des Konkrets führt Herr Nelſon den „Verſuch über den Konkret“ von Herrn Godwin in dem erſten Band der Inſtitutsverhandlungen an, wo durch Verſuche deutlich der Beweis geliefert ſei, daß ſich der Konkret bei dem Feſtwerden ausdehne. In Bezug auf die Beſchaffenheit des franzöſiſchen Gipſes habe Herr Delaſſaux im Jahre 1846 folgende Mittheilung gegeben, worin der Unterſchied zwiſchen dem franzöſiſcheu Gips und dem in England gebräuchlichen ſogenannten pariſer Gips beſchrieben ſei, und woraus erhelle, daß der erſtere ein bei weitem beſſeres Material ſei als der letztere:

„Der engliſche Gipsſtein iſt ein waſſerfreier ſchwefelſaurer Kalk mit einem geringen Antheil feeier Schwefelſäure; er iſt in der That nichts anderes als ein unvollkommener Alabaſter. Aus dieſer chemiſchen Zuſammenſetzung folgt, daß der auf gewöhnlichem Wege gebrannte und pulveriſirte Stein dem Wechſel der Witterung nicht widerſteht und daß die geringe Quantität Schwefelſäure, die er enthält, ſein ſchnelles Feſtwerden hindert. Er läßt ſich folglich nur für einen Bewurf im Innern eines Gebäudes und im Allgemeinen nur für Arbeiten, bei denen es nicht auf beſondere Feſtigkeit ankommt, verwenden; ſeine Anwendung beim Bauen iſt daher eine ſehr beſchränkte. Der franzöſiſche Gipsſtein aus der Umgegend von Paris iſt ein in den beſten Verhältniſſen zuſammengeſetzter ſchwefelſaurer Kalk, bei dem die Säure der Baſe durchaus das Gleichgewicht hält; gebrannt bewahrt er alle ſeine ſauern Eigenſchaften, und gepulvert und mit Waſſer vermiſcht wird er in einem Tage ſchon bedeutend hart. Er braucht nicht wie der engliſche ſehr fein zerrieben zu werden, ſondern eignet ſich im Gegentheile namentlich bei Gelegenheiten, wo es auf Feſtigkeit ankommt, beſſer in etwas gröberem Zuſtande; bloß zum Putz wird er ſo fein wie der engliſche angewendet. In Frankreich ſind längs der Seineufer die Häuſer aus dieſem Material erbaut. Er wird zu feſten Konſtrukzionen, zum Ausfugen der Steine, zum Putz ſowohl außen als innen, und überhaupt zu Mauerwerk verwendet; zu letzterem Zweck nimmt man lieber gröberes Pulver. Mit Waſſer vermiſcht gibt er eine künſtliche Kryſtalliſazion, die ſich feſt mit dem übrigen Material verbindet, und deſſen Steifigkeit beträchtlich erhöht.“ Im Februar 1849 las Herr Charles Barry einen Aufſatz vor, in welchem er ein von Herrn Beardmore patentirtes Syſtem beſchrieb; hier war auch von einem Konkeet aus Portland-Cement und Kieſel die Rede, mittelſt welchem wie in dem Fox und Barrett'ſchen Syſtem ein Gerippe von Schmiedeiſen ſteif gemacht werden ſollte; behufs größerer Leichtigkeit ſollten in gewiſſen Fällen neben dem Konkret irdene Röhren angewendet werden. Für eine Spannweite von 20 Fuß wurden 12 Zoll hohe, ⅛ Zoll dicke und 2 Fuß 6 Zoll voneinander entfernt liegende Eiſenplatten angewendet, und zwiſchen dieſelben kam auf ⅛ Zoll dicke, an die Seiten der Träger feſtgenietete horizontale Platten eine 5 Zoll dicke Schichte Konkret zu liegen. Der Autor beſchreibt die Anwendung des Konkrets folgendermaßen: „Der gleichmäßige Druck des Konkeets gegen die ganze Fläche des Faches und gegen die obere Rippe des Balkens wirkt wie ein fortlaufendes Strebeband, und gibt jeder einzelnen Lage, ſo dünn ſie auch iſt, den wirklichen Charakter eines Balkens oder Trägers. Für eine Spannweite von 15 bis 18 Fuß beträgt die Stärke der Decke 7½ Zoll; für 16 bis 20 Fuß 12 Zoll. Herr Beardmore behauptet, ſeine Decken ſeien wegen ihrer ganzen Konſtrukzionsmethode feuerfeſt; ſie fielen, einer heftigen Flamme ausgeſetzt, nicht auseinander wie Wölbungen aus Ziegeln, noch würden ſie auch durch die ſchnelle Abkühlung nach

Digitized by Google

einer bedeutenden Hitze zerſtört. Die geringe Dicke der Decke im Vergleich mit der einer gußeiſernen, die Abweſenheit alles ſeitlichen Drucks, und folglich die Nothwendigkeit von Spannſtangen ſeien weitere Vorzüge; dabei ſei der Konkret ein nothwendiges Element der Decke ſelbſt und keine von dieſer unabhängige Laſt; ſie mache das Ganze zu einem fortlaufenden Balken, und es ſei daher beinahe unmöglich, daß ein großes Gewicht auf eine einzige Stelle drücken könne."

Herr Burnell lieſt die folgenden Auszüge aus Briefen von Paris als Antwort auf früher aufgeworfene Fragen.

1. Von Herrn Piot, Unter-Architekt bei den Arbeiten an den Tuilerien und dem Louvre: „Sie verlangen von mir einen Bericht über unſere eiſernen Decken beim Bau des Louvre. Dieſe beſtehen im Allgemeinen aus Trägern und Querbalken von I Geſtalt. Die Querbalken haben ſolche Verhältniſſe, daß die Biegung der Decke unter einer Laſt von 700 Kilogr. pro Flächenmeter oder 143 Pfund pro □ Fuß 20 Centim. oder $^3/_4$ Zoll nicht überſteigt. Wir wollen z. B. annehmen, vier Perſonen ſtänden auf dem Raum eines Flächenmeters ($10^3/_4$ □Fuß) und ihr Geſammtgewicht betrage 300 Kilogr. (661 Pfund); hierzu addiren wir das Gewicht der Verſtrebungen, Schienen, Töpfe, der kleinen Holzbalken und der Dielung im Betrag von 50 Kilogr., was zuſammen alſo 350 Kilogr. gibt. Dieſes Gewicht verdoppeln wir für das Gehen oder Tanzen, und ſo erhalten wir die oben genannten 700 Kilogr. Herr Piot gibt folgende Tabelle über die Spannweiten, Belaſtungen und Höhen der Balken, wie ſie bei den Decken des Louvre vorkommen.

Spannweiten		Belaſtung der Querbalken pro laufenden Yard.	Höhe der Querbalken
Fuß	Zoll	Pfunde	Zoll
6	7	18	4
9	10	22	$4^3/_4$
13	2	40	$5^1/_2$
16	5	50	$6^1/_4$
18	1	54	$7^1/_8$
21	5	60	$7^7/_8$
25	0	76	$8^3/_4$

Bei den obigen Spannweiten liegen die Balken 80 Centimeter von Mittel zu Mittel, und die Querriegel 1 Meter voneinander entfernt; die Schienen liegen in einer Entfernung von 20 Centim. und dienen zur Unterlage für die Töpfe. Die Töpfe ſind in Gips vollſtändig von allen Seiten eingelagert, um die Decke ſoviel als möglich ſchalldicht zu machen, und iſt in letzterer Hinſicht viel zweckmäßiger als alle andern Methoden. Die Feſtigkeit läßt ſich daraus beurtheilen, daß einzelne Decken mit 1500 Kilogr. pro Flächenmeter verſuchsweiſe belaſtet wurden, und daß die Biegung im Mittel 3 Centimeter nicht überſchritt. Bei bedeutenderen Gebäuden beſteht die Ausfüllung im Allgemeinen aus Töpfen oder hohlen Ziegeln, bei Privathäuſern aber begnügt man ſich in der Regel mit Gips allein; dieſer iſt weniger gut und nicht ſo ſchalldicht. Im Allgemeinen betrachtet man die ſchmiedeiſernen Decken als ſehr feſt und als eine weſentliche Verbeſſerung; in Frankreich und namentlich in Paris iſt man geneigt von dem einmal angewendeten Material allzuviel zu verlangen."

2. Von Herrn Lebas: „Ich habe Ihren Brief erhalten und mit Vergnügen daraus entnommen, daß Sie über dieſen Gegenſtand an Herrn Piot geſchrieben haben; er kann Ihnen hierüber die beſte Auskunft ertheilen, da er eine große Erfahrung mit Praxis verbindet, was beſſer iſt als alle Theorie. Er wird Ihnen ohne Zweifel alle erforderlichen Verhältniſſe der Decken des Louvre mitgetheilt haben. So gewiß es einerſeits der Fall iſt, daß dieſe Decken ſtets eine geringe Vibrazion zeigen, ſo gewiß iſt es gleichwohl auf der andern Seite, daß ſie in den gewöhnlichen Fällen der Benutzung die gewünſchten Eigenſchaften der Feſtigkeit, Dauerhaftigkeit und Unverbrennbarkeit entwickeln. Wenn ich einen großartigen Bau zu führen hätte, ſo würde ich ohne Bedenken dieſes Syſtem anwenden."

Herr K. Hittorff bemerkte, daß bei Wohnhäuſern die Belaſtung der ganzen Decke $^1/_4$ oder $^1/_5$ der Brechungslaſt oder die Grenzen der Biegung des Balkens nicht überſchreiten ſolle und daß man eine Laſt von 300 Kilogr. auf einem Flächenmeter rechnen müſſe. Werden dieſe Grenzen überſchritten, ſo iſt eine unangenehme Vibrazion und eine Neigung den Schall durchzulaſſen die Folge davon. Wenn auch bis jetzt die mit Töpfen oder hohlen Ziegeln ausgefüllten Decken weder in Hinſicht auf Vibrazionen noch auch in Bezug auf das Durchlaſſen des Schalls ſich als untüchtig gezeigt haben, ſo ſind ſie doch beträchtlich theurer als hölzerne, obwohl die Fabrikanten das Gegentheil behaupten. Die

Digitized by Google

Schwierigkeiten des Auswalzens machen es ſehr zweifelhaft, daß ſich große Balken mit durchaus gleichförmiger Textur erzeugen laſſen, und in manchen Fällen ſind bei der Probe ſchon Balken von 22 bis 24 Fuß Länge und 8¼ bis 10¼ Zoll Höhe gebrochen. Für geringe Spannweiten aber läßt ſich gegen dieſes Syſtem nichts einwenden.

Herr Hittorff hat nicht gewußt, daß dieſe eiſernen Decken mit Konkret ausgefüllt worden ſind, wodurch ſeiner Anſicht nach die Decke unnöthig belaſtet würde. Das Eiſen wird mit Bleiglätte angeſtrichen, um die Orydirung zu verhüten; zuweilen aber wurde dieſe Vorſichtsmaßregel unterlaſſen, ohne daß indeſſen üble Zufälle erfolgten, denn am Ende kann die Orydirung doch nur in der doppelten Wirkung des Sauerſtoffs der Luft und des Waſſers begründet ſein. Das in dem Gips eingelagerte Eiſen bedeckt ſich plötzlich mit einem Ueberzug von Roſt, doch hört dieſe Wirkung ſchnell auf, wenn der Gips dick genug (¾ Zoll) iſt, um keine Luft durchzulaſſen. Dieſe Thatſache iſt hinlänglich bewieſen durch die Fragmente von Eiſen, die man beim Niederreißen alter Bauten vollkommen gut erhalten findet, obgleich ſie nicht angeſtrichen worden waren.

Schließlich eine Mittheilung von Herrn Dumont: „Von den zwei Syſtemen ſchmiedeiſerner Decken, deren Sie erwähnen, wird hier nur das eine faſt ausſchließlich angewendet. Kluge Architekten nehmen die Höhe ihrer Balken nicht geringer an als zu 1/30 ihrer Länge. Die Ausfüllung beſteht im Allgemeinen aus Töpfen oder hohlen Ziegeln, die in Gips eingelagert ſind; wird letzterer nicht allzuſehr geſpart und werden alle Zwiſchenräume ordentlich ausgefüllt, ſo läßt ſich die erforderliche Steifigkeit erzielen. Wir vermeiden die Anwendung des Konkrets wegen ſeines Gewichtes und betrachten die Töpfe als das in jeder Hinſicht zweckmäßigſte Ausfüllungsmaterial. Das Eiſen erhält bei uns einen oder zwei Anſtriche mit Bleiglätte, wodurch zuerſt der Einwirkung der Feuchtigkeit und der korrodirenden Eigenſchaften des Gipſes vorgebeugt wird, und ſpäter ſchützt der Gips das Eiſen gegen athmoſphäriſche Einflüſſe. Bis jetzt iſt die Erfahrung über dieſen Gegenſtand eine noch ſehr geringe. In 20, 50 oder 100 Jahren wird man ein beſſeres Urtheil fällen können, jetzt aber ſtehen dieſe Syſteme bei uns ſo in Gunſt, daß die alten Methoden nur noch ſelten einmal angewendet werden.“

Herr Burnell lieſt hierauf folgende Bemerkungen vor: Aus dieſen Mittheilungen läßt ſich in der Kürze Folgendes entnehmen. Die eiſernen Decken ſind zweckmäßig, wenn ſie ſorgfältig und zweckmäßig konſtruirt werden, aber ſie laſſen ſich auch wie alle anderen Konſtrukzionsmethoden ſchlecht ausführen. Die Decken des Louvre beruhen zwar auf dem nämlichen Princip, ſind aber feſter als die in der Regel bei Wohnhäuſern angewendeten. Balken von der in der Tabelle des Herrn Piot angegebenen Höhe und Schwere, 2 Fuß 7½ Zoll auseinander liegend und zweckmäßig ausgefüllt, geben eine Decke, deren Biegung bei einer Belaſtung von 143 Pfund pro Flächenfuß ¾ Zoll in der Mitte nicht überſchreitet; es gibt im Louver auch noch andere, die zu 307 Pfund pro □ Fuß berechnet ſind und deren Biegung in der Mitte nur 1 Zoll beträgt. Bei Decken in Wohnhäuſern ſoll die Belaſtung derſelben ¼ oder ⅛ der Brechungslaſt des Balkens nicht überſchreiten, oder die Stärke des Balkens ſoll nicht geringer ſein als 1/30 der Spannweite, wenn ſie 2 Fuß 6 Zoll oder 3 Fuß auseinander liegen. Ueber den Kontakt des Eiſens mit dem Gips endlich hat man bis jetzt noch keine ſchlimmen Erfahrungen gemacht.

Meine Abſicht beſtand darin, Ihre Aufmerkſamkeit auf eine Würdigung des fraglichen Gegenſtandes zu lenken, nicht aber dieſen über Verdienſt zu erheben. Ich glaube, daß wir aus dem Studium dieſer franzöſiſchen Methoden viel lernen können, wenn wir ihre Leichtigkeit und den geringen Raum, den ſie einnehmen, mit denſelben Verhältniſſen unſerer feuerfeſten Decken vergleichen. Die Anwendung von Querriegel zwiſchen den Balken muß von großer Wichtigkeit ſein, wenn das zur Ausfüllung dienende Material bei ſeinem Feſtwerden ſchwillt, von ihrem Nutzen als transverſale Bänder gar nicht zu reden. Wie leicht iſt die ganze Ausführung dieſes Syſtems; der Arbeiter ſtellt nur ein flaches Gerüſt unter die Balken und bildet die Decke durch die einfache Operazion des Eingießens des Konkrets, während der bei uns gebräuchliche Prozeß, wo in einer ſehr unbequemen Stellung von unten die Latten gelegt und die verſchiedenen Schichten von Gips aufgetragen werden, ſehr ſchwerfällig iſt. Meiner Anſicht nach verdankt man in Frankreich die Seltenheit ernſtlicher Feuersbrünſte nur der Anwendung ſolider Gipsdecken.

Herr Chriſtopher gibt einige Bemerkungen über das ſogenannte engliſche Syſtem, als die Reſultate einer ziemlich bedeutenden Erfahrung. Er habe im Anfang

Digitized by Google

seiner Einführung zu seinen Gunsten geredet und halte noch immer viel davon, obwohl es keine solche Verbesserungen erfahren als er wohl erwartet habe. In Bezug auf die Dielung über der Decke bemerkte er, daß sich gegen den Portland-Cement in Verbindung mit dem elastischen Eisen wegen seiner Steifigkeit und Sprödigkeit vieles einwenden lasse; er selbst kenne manche Beispiele, daß er gesprungen, ja er wisse keinen Fall, daß er 3 Jahre lang ganz geblieben wäre. Bekäme der Cement einmal Sprünge, so dringe ausgeschüttetes Wasser durch den Konkret und mache die Decke flockig; bei einer Decke aber aus diesem Material sei der Schaden noch viel bedeutender, indem sich der Cement unmöglich vollkommen wiederherstellen lasse. Der Grund dieses Uebelstandes läge am wahrscheinlichsten, wie ein Korrespondent Herrn Burnell's behaupte, in der Expansion des Betons. Ob nun aber der Fehler im Cement oder in dem Beton läge, genug er habe diesen Unfall bei drei Decken erfahren. Das System erlaube übrigens auch andere Methoden der Herstellung des Fußbodens, und unter diesen habe sich ihm nach einem zweijährigen Versuche die metallische Lava der Herrn Orsi und Amani als vollkommen zweckmäßig bewährt. Die Decken des französischen Systems seien seiner Ansicht nach besser als die des englischen. Bei dem letzteren fehle es an einem guten Ausfüllungsmaterial, und dies sei ein ernstlicher Einwurf, wo der Gips 1¼ oder 1½ Zoll dick sei, indem unter den Rippen der Balken und Träger sich überhaupt kein Füllmaterial befinde und einige Male ein ernstliches Sinken der Decke eingetreten wäre. Bei dem französischen System könne dies nicht vorkommen, da die ganze Masse von oben eingegossen wird; bei dem englischen System aber werde zur Bildung der Decke ein besonderes Material von unten angewendet. Ein anderer ernstlicher Einwurf gegen das englische System, namentlich für London, sei das langsame Trockenwerden des Materials. Das Austrocknen einer wässerigen Masse Materials von 8 oder 9 Zoll Dicke sei fast eine Unmöglichkeit. Er habe einen Fall gehabt, wo er sogar nach zwei Jahren noch nicht ausgetrocknet wäre, und wo deshalb die Oberfläche der unteren Decken ganz hätten weggenommen und ein anderes Material hätte angewendet werden müssen. Die Decken hätten in diesem Fall aus Kalk und Sand bestanden. Er habe sich vor einigen Jahren einmal geäußert, Fox und Barrett's System vertrage sich sehr gut mit den künstlichen Ventilazions- und Heizmethoden, dem sei aber nicht so. Die Decken seien so solid, daß keine Luft durchdringen könne. Aus demselben Grunde hätten die Feuerstellen keinen hinreichenden Zug, und folglich rauchten die Schornsteine. Herr Christopher geht sodann auf die Kosten über, in Bezug auf welche er mit Herrn Barrett nicht übereinstimmt. Er habe das Eisen nur zu seinem halben jetzigen Preis gerechnet, und doch käme Herrn Barrett's Decke theurer als eine gewöhnliche hölzerne; die Kosten seien etwa dieselben gewesen wie die einer hölzernen Decke der besten Art. Er stimme mit Herrn Barrett's Berechnungen nicht überein. Letzterer habe für einen angenommenen Ueberschuß an Festigkeit einen Abzug angesetzt, was er indessen durchaus nicht zugeben könne; Herr Barrett würde auch wohl Niemand, der sein System anwenden wolle, eine Reduktion der Festigkeit anrathen. Er (Christ.) glaube, daß man statt zu subtrahiren, vielmehr noch addiren müsse. Erstens seien bessere Grundbauten erforderlich als bei gewöhnlichen Konstruktionen, wofür mehrere Beispiele angeführt werden. Dann sei die Licenz für die Anwendung des Patents zu addiren, was bei einem Wohnhause 10 bis 30 Pf. St. ausmache. Ob das Ausziehen und Befestigen der Balken in Herrn Barrett's Kostenanschlag mit inbegriffen sei, wisse er nicht, worauf Herr Barrett indessen bejahend antwortete. Ferner kämen die Auslagen für das Auswechseln der Balken bei Schornsteinröhren und Vorsprüngen hinzu, was er z. B. bei den Thames Chambers, wo 55 Squares Decke seien, auf 10 Pf. St. schätze. Ferner müsse man noch das Anstreichen der unteren Balkenrippen hinzu rechnen, was er für durchaus nothwendig halte. In allen besseren Zimmern seien auch noch hölzerne Fußbodenleisten zum Annageln der Teppiche anzubringen.

Seine Schätzungen seien mithin folgende:

Für ein Zimmer von 12 Fuß auf 12 Fuß = 144 □′.

	Pf. St.	Sch.	D.
Feuerfeste Decke mit Cementoberfläche nach Herrn Barrett's Berechnung, aber ohne seinen Abzug	7	14	10
Hierzu für Extragrundbauten u. Verankerung	1	3	0
Licenz für das Patent	0	14	4
Aufziehen, Befestigen, Schneiden und Anstreichen	0	7	10
	10	0	6

Digitized by Google

	Pf. St.	Sch.	D.
Hierzu für Dielung	1	16	0
	11	16	0
Koſten einer Lehmdecke nach Herrn Barrett's Anſchlag	8	15	4
Mehrbetrag der Koſten einer feuerfeſten Decke	3	0	0

Für ein Zimmer von 20 Fuß bei 20 Fuß = 400 □'

	Pf. St.	Sch.	D.
Feuerfeſte Decken mit Cementflächen, nach Herrn Barrett's Berechnung, aber ohne ſeinen Abzug	32	4	3
Extraüberzug der Decke, 44½ Yards zu 2 D.	0	7	5
Extragrundbauten, zu 7 Sch. pro Sq. .	1	8	0
Extraverbindung von Eiſen zu 9 Sch..	1	16	0
Licenz für das Patent, zu 10 Sch. .	2	0	0
Aufziehen, Befeſtigen, Schneiden und Anſtreichen	1	0	0
Hölzerne Fußbodenleiſten für die Teppiche	1	0	0
	39	15	8
Hierzu noch für Dielung mit 1¼ zölligen Brettern zu 32 Sch. . . .	6	8	0
	46	3	8
Koſten einer Holzdecke der beſten Art, nach Herrn Barrett	31	12	3
Mehrbetrag der Koſten einer feuerfeſten Decke	14	11	5

Herr C. H. Smith legt der Verſammlung einige Proben über die Einwirkung des Gipſes auf das Eiſen vor. Er hatte verſchiedene Materialien in Kontakt mit Eiſen gebracht und ſie ſo 14 Tage lang liegen laſſen. Die Reſultate ſind evident. Im einen Falle wandte er pariſer Gips allein an, in einem andern Gips mit Sand vermiſcht, und wieder in einem andern Mörtel oder Kalk und Sand in gleichen Verhältniſſen. Bei der letzteren Probe bemerkte man nicht die leiſeſte Spur von Roſt, obgleich die Maſſe im Innern noch ſehr weich war; bei den andern Proben aber, beſonders bei dem pariſer Gips war das Eiſen deutlich angegriffen. Pariſer Gips nimmt im Verhältniß zu ſeinem Alter bedeutend an Härte ab. Als Beiſpiel erzählt Herr Smith, er habe vor einigen Jahren den Auftrag gehabt 8 bis 10 große Gipsabgüſſe von Antiken von Bath nach London zu ſchaffen, welche 100 Jahre in Bath gelegen wären; er habe aber nur zwei davon wohlerhalten transportiren können; der Reſt ſei ganz in Stücke zerfallen. Kalk dagegen nehme mit dem Alter an Härte zu, und Eiſen werde im Kontakt mit demſelben nicht angegriffen. Wie die Proben bewieſen, ſo habe der Gips die ſchädlichſte Wirkung. Ein Anſtrich ſchütze das Eiſen; wenn ſich dieſer aber auch nur nadelſpitz groß abſcheure, ſo werde das Eiſen vom Gips oxydirt und endlich ganz zerſtört. Er glaube nicht, daß es möglich ſei eiſerne Balken in einem Gebäude ſo zu befeſtigen, daß der Anſtrich oder irgend ein anderer ſchützender Ueberzug nicht hie und da abgeſcheuert werde; ſelbſt galvaniſirtes Eiſen mache keine Ausnahme.

Herr Garling fragte, ob die erwähnten alten Abgüſſe der Feuchtigkeit ausgeſetzt geweſen wären.

Herr Smith verneint dies, fügt aber hinzu, in der Atmoſphäre befinde ſich ſtets hinlänglich Feuchtigkeit, um das Zerfallen des Gipſes zu erleichtern.

Herr Garling führt einige Gipsdecken aus Lincolnſhire in der Nähe der dortigen Brüche an. Sie beſtänden aus einer Maſſe von grobem Gips mit einer ⅛ bis ¼ dicken Lage feinen Gipſes an der Oberfläche; obwohl ſie bereits 100 bis 150 Jahre alt ſeien, ſo ſeien ſie doch noch ſo hart wie Marmor. Er habe auch vor 30 oder 40 Jahren Gelegenheit gehabt, in der dortigen Gegend den Bewurf von einigen Wänden abzunehmen, und ſo weit er ſich erinnern könne, ſei derſelbe eben ſo hart geweſen wie die Decken.

Herr Burnell führt Rondelet's Werk L' Art de bâtir an, wo in Bezug auf die Dauerhaftigkeit des Kalks und Gipſes Herrn Smith's Bemerkungen beſtätigt ſeien, und lieſt einiges aus ſeinem Briefe an Herrn Nelſon vor. „Ich möchte Sie und die Inſtitutsmitglieder auf das von mir in der letzten Verſammlung erwähnte Werk aufmerkſam machen; es iſt dies Herrn Eck's Traité de Construction en poterie, fer, fonte et tôle, 2 Bände in Folio, Paris 1841. Man findet hier viel Bemerkenswerthes über die Anwendung dieſer Materialen zu Zwecken, wie ſie ſich in England ſelten finden. Es iſt dies ein ſehr werthvolles Werk, und wenn es hier beſſer gekannt geweſen wäre, ſo wären wahrſcheinlich für ſo manche bereits angewendete Syſteme keine Patente genommen und viel Geld geſpart worden. Zugleich mache ich Sie auf eine Notiz aufmerkſam, die ich ſelbſt im „Builder"

Digitized by Google

vom Jahre 1849, Seite 350 veröffentlichte, worin ich eine kurze Beschreibung von der Anwendung des ⊢ förmig gewalzten Eisens gegeben habe. Ich führe dies an, weil ich Grund habe zu glauben, daß die Anwendung dieser Art Eisen zu Deckenkonstrukzionen nach der Veröffentlichung meiner Notiz im „Builder" patentirt worden ist. In Paris war sie, so viel ich weiß, im Jahre 1848 bekannt." Eck sagt, schon 1780 habe man zusammengesetzte schmiedeiserne Balken mit Töpfen zur Konstrukzion gekannt; ebendaselbst berichtet er auch, die Kuppel der Kirche San Vitale in Ravenna sei aus horizontal liegenden Oelkrügen gebildet, wodurch der vorgeblichen Neuheit dieser Erfindung gänzlich widersprochen wird.

Herr Skoles führt die Anwendung ähnlicher Materialien zur Zeit der Römer in Syrakus an, und Herr Donaldson fügt hinzu, man finde sie an dem Circus des Caracalla.

Herr Burnell liest aus seinem Briefe an Herrn Nelson weiter. Die französischen Formeln sind folgende. 1. Bei dem System von Baur betrachtet man die Balken als der Wirkung einer, auf ihre ganze Länge gleichmäßig vertheilten Last ausgesetzt und mit ihren Köpfen eingemauert. Nennt man also die Höhe der Balken oder aber der Hauptrippen b, ihre Breite a, die Last pro Längenmeter p, die Spannweite C, den Elasticitätskoefficienten des Schmiedeisens 2000000, so ist

$$\frac{ab^2 = pC^2}{2000000}$$

In der Praxis ist die Last pro laufenden Meter, die in der Regel angewendet wird, 53,28 Kilogr., und die Balken liegen ungefähr 2 Fuß 6 Zoll voneinander entfernt.

2. In den Fällen, wo ⊢ Stäbe angewendet werden, ist die Höhe b und das Vorstehen der Rippen a' für eine Sorte Stäbe konstant; die Dicke der Rippen ist gewöhnlich $^1/_{10}$ von b. Die Dicke des Körpers e' ist das einzige Element des Problems in den Fällen, welche je nach dem Widerstand der Stäbe variiren. Bezeichnet man mit 2 P die Totallast und mit 2C die Totaltragweite, und ist die Widerstandsfähigkeit für diese Durchschnittsform R = 6000000, so haben wir

$$\frac{I}{v'} = {}^1/_6\, e, b^2 + 0{,}0903 a' b^2;$$

worin I das Trägheitsmoment des Durchschnitts im Verhältniß zur Höhe b, und v' die Höhe der neutralen Achse des Stabs ist. Die gewöhnliche Formel $\frac{RI}{v'} = PC$ wird also

$$^1/_6\, e, b^2 + 0{,}0903\, a' b^2 = \frac{PC}{R} = \frac{PC}{6000000}$$

folglich $e, = \frac{PC}{1000000\, b^2 - 0{,}54 a'}$.

Differiren die Proporzionen zwischen der Dicke der Rippen und der Höhe, so wird die allgemeine Formel folgende:

$$\frac{I}{v'} = {}^1/_6 \frac{ab^3 - a' b'^3}{b},$$

wo b' der Raum zwischen den Rippen ist.

Folgendes ist die wörtliche Uebersetzung einer Stelle aus den französischen Verhandlungen über die Decken nach dem Baur'schen System: Versuche, bei welchen die Belastungen sehr übertrieben waren, haben bewiesen, daß diese Decken ohne Gefahr bedeutende Drucke erleiden können. Eine 7 Meter weit gespannte Decke wurde nach der Ausfüllung mit 500$^{Kil.}$ pro □Meter belastet; ihr Krümmungspfeil betrug nach der Legung $0^m 070$, nach der Ausfüllung nur $0^m 040$. Unter der Belastung von 500$^{Kil.}$ pro □Meter bog sich diese Decke $0^m 030$ unter der Horizontalen oder $0^m 070$ im Ganzen, und nachdem die Belastung 24 Stunden gelegen hatte, senkte sie sich noch um $0^m 05$. Die gesammte Biegung betrug also $0^m 12$. Nach der Wegnahme der Last hob sie sich wieder um $0^m 05$, als man aber die Ausfüllung wegnahm, nahmen die Schienen wieder einen Pfeil von $0^m 06$ über der Horizontalen an, was also den Beweis liefert, daß die Elastieität des Eisens wenig verändert war und daß ein großer Theil der permanenten Biegung durch die Ausfüllung selbst erzeugt und unterhalten wurde. Die Belastung bei diesem Versuch betrug pro lauf. Meter Balken 500$^{Kil.}$ × 0,75 = 375 Kilogr. oder beiläufig siebenmal mehr als der ermittelte Normalwerth.

Herrn Barrett's Einwurf gegen das französische System, als sei es nicht vollkommen unbiegbar, und seine Behauptung, daß der Gips in den Midland-Grafschaften wegen seines organischen Geruchs nicht anzuwenden sei, verdienen bemerkt zu werden. Durch eine Volumsvermehrung läßt sich jede erforderliche Steifigkeit erzielen. Herr Barrett scheint ferner übersehen zu haben, daß sich der französische Gips sowohl

Digitized by Google

geologiſch als mineralogiſch von dem der Midland-Grafſchaften unterſcheidet.

Der franzöſiſche Gips enthalte kohlenſauren Kalk, was bei dem engliſchen nicht der Fall iſt. Es ſei möglich, daß der engliſche Gips in großen Maſſen einen Geruch entwickle, bei dem in Paris gebräuchlichen Gips aber könne er gewiß behaupten, daß dies nicht der Fall ſei. Wo franzöſiſcher Gips in Verbindung mit Ziegelwerk angewendet werde, zeige ſich ein ſehr hoher Grad von Efflorescenz, was von animaliſchen Subſtanzen in den Ziegeln oder im Gips oder vielleicht in beiden herrühre. Herrn Smith's Behauptung, daß der Kalk das Eiſen vor Roſt ſchütze, ſei mit Vorſicht anzunehmen. Alle ſchmiedeiſernen Brücken in Frankreich ſeien nach dem Grundſatz Vicat's, daß keine Oxydirung ſtattfinden könne, wenn das Eiſen in gelöſchten Kalk eingetaucht ſei, gebaut worden; und doch wären alle dieſe Brücken zu Grunde gegangen (Bruch der Brücke von Angers mit 600 Perſonen *). Es laſſe ſich dies vielleicht daraus erklären, daß ſich bei den unaufhörlichen Vibrazionen dieſer Brückenketten der Kalk an manchen Stellen von dem Eiſen abgelöſt und daß alsdann durch das Hinzutreten von Waſſer die Oxydirung begonnen habe. Dies ſei aber auch bei Decken von jeder Art zu befürchten. Er ſei überzeugt, daß Konkret oder Kalk nicht beſſer ſei als Gips, welcher wegen ſeines größeren hygrometriſchen Zuſtandes das Eiſen noch ſicherer ſchütze.

Herr Smith bemerkt, es ſei nicht nothwendig, daß der Kalk mit dem Eiſen abſolut in Kontakt ſtehe, um es vor Roſt zu bewahren. Polirte Stahlſachen, z. B. Nadeln, überziehe man nicht durchaus mit Kalk, ſondern lege nur hie und da ein Stück ungelöſchten Kalk in Papier zwiſchen dieſelben, wodurch ſie ſo lange glänzend bleiben als der Kalk kauſtiſch iſt.

Herr Burnell entgegnet, dieſe Bemerkung habe keinen Bezug auf die franzöſiſchen Brücken. In dem angegebenen Falle wirke der Kalk durch Abſorbzion von Feuchtigkeit aus der Atmoſphäre. —

Sitzung vom 20. Februar. — Ueber die Diskuſſion, welche bereits in den drei vorhergehenden Verſammlungen den Gegenſtand der Verhandlungen abgegeben hatte, berichtete der Herr Sekretär C. C. Nelſon, indem er folgende Mittheilung von Herrn H. J. Stevens aus Derby vorlas.

*) Vergleiche Notizblatt der Allgemeinen Bauzeitung II. Band, Seite 42.

Der Gips aus den Brüchen und einigen Theilen von Nottinghamſhire wird in den dortigen Gegenden ſehr ſtark zu Fußböden verwendet, und wenn er gut zubereitet und gelegt iſt, ſo entſpricht er durchaus Herrn Garling's Behauptungen in Hinſicht ſeiner Dauerhaftigkeit. Man verwendet die gröbſte Sorte von Gips, welcher nach der Kalcinirung mit hölzernen Flegeln zerſchlagen wird. Er wird trocken gehalten, und wenn er gelegt werden ſoll, ſo wird er bis zur Konſiſtenz von rohem Mörtel mit Waſſer vermiſcht und in einer gleichmäßigen Dicke von 2 bis 2½ Zoll über die hölzernen Balken auf Rohr oder Latten gebreitet. Er erhärtet ſehr raſch, wird alsdann mittelſt eines hölzernen Richtſcheits geebnet und am zweiten oder dritten Tag mit Kieſelſteinen oder Kellen geglättet. Damit die Fläche bei der allzu ſchnellen Benutzung des Bodens nach dem Legen nicht breche, ſo gibt man ihm einen Ueberzug von Leinöl, wodurch er noch härter wird, und in Nottinghamſhire werden die Fußböden angeſtrichen und ſehen ſehr gut aus. An zwei Seiten des Gemaches werden hölzerne Leiſten gelegt, deren Dicke je nach dem Flächenraum des Fußbodens verſchieden iſt; unmittelbar, nachdem dieſer gelegt iſt, werden ſie entfernt, wodurch ſich derſelbe ausdehnen kann, was nicht nur in hohem Grade der Fall iſt, ſondern auch eine Zeit lang dauert. Fußböden von dieſem Material ſind ſehr feſt und eignen ſich vorzüglich für Hütten, da ſie in der dortigen Gegend viel wohlfeiler als ein gedielter Boden kommen; der Preis für das Legen einſchließlich des Rohrs, der Latten zur Sicherung deſſelben und des Gipſes beträgt 2 S. 3 D. bis 2 S. 9 D. pro Flächenyard. Die unteren Flächen werden abgeſcharft und zuweilen abgehobelt, und die Decke wird dadurch gebildet, daß die Röhren zwiſchen den Deckenbalken mit Gips überkleidet werden, wofür nicht mehr wie 3 D. pro Yard gezahlt wird. Dieſe Böden ſind bis zu einem gewiſſen Grade feuerfeſt, laſſen ſich bei ihrer glatten Oberfläche leicht reinigen und ſind frei von Ungeziefer. Deswegen wie auch ihrer Billigkeit und Dauerhaftigkeit halber werden die Gipsfußböden faſt ausſchließlich in den Midlandgrafſchaften verwendet, wo der Transport des Materials nicht in Betracht gezogen zu werden braucht. Herr Garling hat Unrecht, wenn er behauptet, die feinere Qualität werde über die gröbere gelegt. Wie ich glaube, wird das Vorſtehende einen detaillirten Begriff von dem ganzen Verfahren geben; ich habe nur noch zu bemerken, daß es als zweck-

Digitized by Google

mäßig befunden wurde, wenn alter Gips in einem beſtimmten Verhältniß mit neuem gemiſcht wird, indem alsdann die Fußböden eine größere Härte erlangen. Ich habe ſolchen groben Gips auf Fachwerk außen an halbhölzernen Bauten angetroffen. Es iſt nicht wahrſcheinlich, daß ſich dieſes Material, wie man es hier in der Umgegend trifft, zu Decken in Verbindung mit einem feuerfeſten Konſtrukzionsſyſtem verwenden läßt, und es mag für einige Mitglieder unſerer Geſellſchaft von Intereſſe ſein, ſeine Zuſammenſetzung zu prüfen und zu analyſiren. Ich kann mit Herrn Chriſtopher bezüglich der Extrakoſten, die durch For und Barrett's Syſtem von feuerfeſter Konſtrukzion nothwendig herbeigeführt würden, nicht übereinſtimmen; da aber in der letzten Sitzung Herrn Barrett Gelegenheit gegeben wurde, Herrn Chriſtopher's Behauptung zu entgegnen, ſo zweifle ich nicht, daß er Beweiſe bringen wird, daß weder außerordentliche Verrichtungen noch auch eiſerne Reifen erforderlich ſind, daß das Aufziehen in Herrn Barrett's Koſtenanſchlag mitbegriffen ſei u. ſ. w.

Herr Wyatt hatte ſich zuerſt ſehr günſtig für For und Barrett's Syſtem ausgeſprochen, fürchtete aber ſpäter, man möchte ihm Mangel an reiflicher Ueberlegung zur Laſt legen. Er hatte mit Erſtaunen und zu ſeinem Verdruß Herrn Chriſtopher's Aeußerungen gegen dieſes Syſtem vernommen, denn er erinnerte ſich ſehr wohl, wie er im Jahre 1848 durch eine Flugſchrift Chriſtopher's, welche das Syſtem auf eine Art lobte, mit der verglichen ſein eignes Lob deſſelben nur ein ganz kaltes genannt zu werden verdiente, auf das Syſtem aufmerkſam gemacht wurde. Seine eigene Erfahrung in Verbindung mit der ſeiner Freunde und anderer, welche das Syſtem mannigfach erprobt hatten, rechtfertigte ſeine ausgeſprochene Meinung. Er ſelbſt hatte es nie auf Dächer angewandt, ſo wie er auch nie Cementböden angewandt hatte, und er war der feſten Meinung, daß die von Herrn Chriſtopher angeführten Mängel ihren Grund eher in einer unzweckmäßigen Anwendung des Syſtems, als in einem demſelben innewohnenden Fehler hatten. Ein Haupteinwurf Herrn Chriſtopher's beſtand darin, daß ein guter Schlußſtein für die Decken fehle; da er aber das Syſtem mit Erfolg in vier oder fünf großen Gebäuden, namentlich in den Wiltſhire Lunatic Aſylum (Irrenhaus) angewandt hatte, an welchem letzteren Orte durch die fortwährenden Vibrazionen in den Zellen der Tobſüchtigen und in den Korridors die Decken die ſtrengſte Probe durchmachten, ſo gelangte er zu der Ueberzeugung, daß eine Mangelhaftigkeit irgendwo anders nur in einer ſchlechten Arbeit ihren Grund haben könne; dieſe Meinung wurde auch von ſeinen Freunden beſtätigt. Wegen der zum Trocknen des Konkrets erforderlichen Zeit ſollte ſeiner Anſicht nach am meiſten die Schnelligkeit, mit der jetzt gebaut wird, getadelt werden. In ſeiner eignen Praxis hatte er nicht bemerkt, daß hierbei die zweckmäßige Luftzuführung für die Feuerſtellen beeinträchtigt werde, wie dies bei Herrn Chriſtopher's Bauten der Fall war. Der letztere hat in ſeiner Flugſchrift die Güte der Decken in Northwoods mit den Worten angeführt: die Decken ſehen fertig ganz gewöhnlich aus, kommen aber den beſten gleich, indem ſie in fünfzehn Jahren keinen Sprung bekommen. Herr Chriſtopher hat der Feſtigkeit der Patentdecken den Vorwurf gemacht, als vertrügen ſie ſich nicht mit der nöthigen Luftzuführung für die Feuerſtellen. Herr Wyatt aber hält es für bei weitem beſſer für eine künſtliche Luftzuführung zu ſorgen, als ſich auf diejenige zu verlaſſen, die durch die Fußbodenritzen ſtatt hat und die immer Staub mit ſich führt. Was den Koſtenpunkt betrifft, ſo hat ſich Herr Chriſtopher jetzt ganz anders ausgeſprochen, als in ſeiner Schrift, wo er ſagt: „Man kann jetzt ohne größere Koſten feuerfeſt bauen; das erſte große Deſideratum der Baukunſt iſt jetzt nicht mehr theoretiſch, ſondern durch die beſten Belege faktiſch geworden, nämlich ein großartiger nach dem angeführten Syſtem aufgeführter Bau, welcher nicht mehr gekoſtet hat, als wenn er auf die gewöhnliche Weiſe aufgeführt worden wäre. Die Decken koſten ½ bis ⅓ einer gewöhnlichen Decke; die erſte Konſtrukzion iſt wohlfeiler und die Koſten ſind noch um ſo geringer als die Decken unzerſtörbar ſind.“ Als der Sprecher (Hr. Wyatt) oben die Anwendung von For und Barrett's Syſtem in dem Irrenhaus von Wiltſhire erwähnt hatte, ſprach er durchaus nicht von einer Erhöhung der Koſten über den urſprünglichen Anſchlag. Er konnte ſicher nicht vermuthen, daß bei dieſem Syſtem eine außergewöhnliche Feſtigkeit in den Subſtrukzionen nothwendig wäre. Der einzige Unterſchied zwiſchen dem von ihnen getragenen und dem Gewichte bei gewöhnlichen Decken würde ſich bei einem Bau von 5 Stockwerken auf vier Zentner pro Quadratfuß belaufen, und kein geſchickter Architekt möchte wohl ſo

Digitized by Google

ſchwache Subſtrukzionen bauen, daß ſie nicht ein ſo kleines Nebengewicht wie dieſes, ein Zehntel der Brechungslaſt, ertragen könnten. In ſeiner Flugſchrift hatte Herr Chriſtopher eine ganz verſchiedene Anſicht ausgeſprochen und behauptet, die erforderliche Feſtigkeit werde vollkommen durch die Kombinazion und die genaue Verbindung vermittelt, welche jedem Theile die gehörige Feſtigkeit gebe, indem bei der Leichtigkeit der Böden und Decken und ihrer vollkommenen Ebenheit (ohne Seitendruck) die einſchließenden Wände nicht dicker als gewöhnlich zu ſein brauchen. Aus demſelben Grund konnte Herr Wyatt die Nothwendigkeit einer außergewöhnlichen Menge eiſerner Reifen nicht einſehen. Bei dem von Herrn Chriſtopher angeführten Thames Chambres wäre dieſe Vorſichtsmaßregel wegen der Art der Lokalität vielleicht an ihrem Platze, unter gewöhnlichen Umſtänden aber wäre ſie durchaus unnöthig. Der Einwurf in Bezug auf die Koſten für das Zurichten der Querbalken zu Oeffnungen und Eſſen ſpräche viel eher gegen das Syſtem, beſonders da in dem Patent eine ſehr genaue Beobachtung und Zurichtung der Trag- und Querbalken verlangt wird. Im Allgemeinen ſei H. Chriſtopher mit Hrn. Barrett's Anſchlägen ſehr ſtreng umgegangen. Er ſelbſt (Wyatt) habe ſie nicht ſo im Detail geprüft, aber er habe ſie an einen Aufſeher (Surveyor) geſandt, in den er volles Vertrauen ſetzen könne, und dieſer habe erklärt, ſie ſeien durchaus verſtändig und den gegenwärtigen Zeitumſtänden angemeſſen. Es ſei nicht in der Ordnung dieſes Syſtem mit hölzernen Decken zu vergleichen, ſondern eher mit dem franzöſiſchen oder einem anderen feuerfeſten Syſtem, und dann glaube er, daß das Reſultat den bisher beſprochenen den Vorzug gebe. Nach einer langen Diskuſſion über den Gegenſtand hätte die Geſellſchaft der Civilingenieure den Plan approbirt; die Gefängnißinſpektoren und andere officielle Schiedsrichter hätten das Syſtem als eine zweckmäßige feuerfeſte Methode erkannt, und er ſelbſt hätte gefunden, daß es allen ſeinen Erwartungen entſprochen hätte. Ob nun auch dieſes oder das franzöſiſche Syſtem den Vorzug verdiene, ſo wäre in der gegenwärtigen Diskuſſion doch ein wichtiger Punkt zur Sprache gekommen, daß nämlich auf allen Architekten eine ſchwere Verantwortlichkeit laſte, wenn ſie nicht berückſichtigen, daß Syſteme bekannt ſind, nach welchen ein feuerfeſter Bau mit ſehr geringen Nebenauslagen erzielt werden kann; es ſei mithin ihre Pflicht dieſe Syſteme ſo ſtreng als möglich zu prüfen und bei jeder Gelegenheit eines derſelben anzuwenden.

Als Antwort auf einige Fragen fügte Hr. Wyatt hinzu, daß einige Zimmer in dem genannten Irrenhaus eine Größe von 16 und 18 Fuß bei 24 Fuß, und die Korridore 150 bei 12 Fuß haben. Die Steifigkeit der Decken wäre ungemein groß, und nur ein einziger Zweifel wäre in ihm dadurch aufgeſtiegen, daß an der Decke unter jedem Balken eine dunkle Linie zum Vorſchein gekommen wäre. Er hätte ſie einem chemiſchen Vorgang zugeſchrieben, und bei dem zweiten Ueberzug von weißem Kalk wäre ſie gänzlich verſchwunden.

Herr Papworth erwähnte Herrn Stevens Brief aus Derby, und ſtellte die Frage, wie viel Raum im Verhältniß zum ganzen Flächeninhalt um eine Gipsfläche behufs ihrer Ausdehnung gelaſſen werden müſſe. Seiner eigenen Erfahrung nach wären $1'_{,}$ Zoll auf jeder Seite des Bodens für jede 10 Fuß Fläche nicht zu viel.

Herr Wyatt ſtimmte dieſer Meinung bei und erwähnte einer Decke in dem Hauſe Lord Cardigan's in Northamptonſhire, wo ſich die Wände durch die Ausdehnung eines Gipsbodens ausgebaucht hatten, obgleich urſprünglich in der Vorausſehung dieſes Umſtandes ein Raum gelaſſen worden war.

Herr Imman behauptete, daß Böden von Gips, der zuweilen mit Kohlenaſche gemiſcht worden ſei, in großen Wohnungen in der Umgegend von London vor 80 oder 100 Jahren allgemein im Gebrauche geweſen ſeien. Dies ſei der Fall geweſen in dem Hampton-Court-Palaſt, wo eine ungefähr 2 Zoll dicke Schichte Muſchelſchalen zur Tödtung des Schalls in die Decke eingelegt war.

Herr Chriſtopher wiederholt ſeine bereits in der vorhergehenden Sitzung ausgeſprochene Meinung und fügt hinzu, daß er entgegen mehreren Architekten allerdings glaube, daß bei der Anwendung des Fox und Barrett'ſchen Syſtems, namentlich da wo die Böden aus einem ſo ſteifen Material wie Portland-Cement beſtänden, beſondere Vorſicht bei den Grundbauten zu tragen ſei. Auch in Bezug auf die Koſten wiederholt er ſeine frühere Meinung. Noch ein anderer Punkt, der Beachtung verdiene, ſei der, daß viele über dem Konkret einen gedielten Boden haben wollten; in dieſem Fall wüchſen die Koſten um ein Bedeutendes, und einige Vortheile gingen ganz verloren, indem die Decke alsdann, von dem Verluſt an Raum nicht zu reden, weni-

Digitized by Google

ger feuerfeſt ſei, den Schmutz ſich einniſten laſſe und faulen könne.

Herr Barrett entgegnet Einiges auf die in der vorhergehenden Sitzung von Herrn Tite ausgeſprochenen Behauptungen. Letzterer habe ſich geäußert, Barrett's feuerfeſtes Konſtrukzionsſyſtem ſei dem ganz ähnlich, das er ſelbſt vor 28 Jahren ſchon angewendet habe. Beide ſeien aber ſowohl dem Princip nach als in Bezug auf die Koſten weſentlich verſchieden. Bei dem Syſtem des Herrn Tite ſeien die Steinplatten nur eine Modifikazion des Syſtems mit eiſernen Trägern und Ziegelwölbung; ſie ſeien eine todte Laſt auf den Trägern und kein Element der Feſtigkeit, während bei ſeiner Methode die Verbindung und Kombinazion der verſchiedenen Materialien die Feſtigkeit und Steifigkeit bedeutend erhöhe und zwar mit nur geringen Koſten. In dem einen Fall beruhten dieſe wichtigen Eigenſchaften auf dem Eiſen — einem ſehr koſtſpieligen Material —, und im anderen Fall auf dem Konkret — einem ſehr wohlfeilen. Es handle ſich aber nicht darum, ob eines dieſer Materialien ſchon früher bei Deckenkonſtrukzionen angewendet worden ſei, ſondern vielmehr darum, ob ſie ſo angeordnet und kombinirt worden, daß man eine gute Decke aus feuerfeſtem Material mit geringen Koſten erhalten habe. Wegen der Koſtſpieligkeit der Steinplatten habe auch Herrn Tite's Methode eine allgemeinere Verbreitung gefunden. Herr Tite habe auch die Dekorazion der Decken berührt; er ſeinerſeits könne nicht einſehen, was für Schwierigkeiten hier zu befürchten ſeien. Es ließen ſich mit ſeiner Methode wenigſtens alle die Arten von Dekorazion verbinden, die man im Verein mit dem Syſtem der Träger und Wölbungen angewendet habe; übrigens könne ſich davon Jedermann leicht ſelbſt überzeugen, wenn er die Bahnhofbauten der Brighton-Eiſenbahngeſellſchaft an der Londonbrücke betrachte, wo ſein Syſtem in einem ſehr großen Maßſtabe (einige Tragweiten überſchreiten 35 Fuß) angewendet worden und viele Decken ungemein dekorirt ſeien. Herr Tite habe ſich ferner geäußert, wenn der Konkret aus Kieſeln beſtände, ſo ſei es möglich, daß er dem Feuer nachgäbe. Dieſes Material aber ſei zu dieſem Zweck nie gebraucht worden, ſondern der Konkret beſtehe aus feinem Kies, Ziegelbruch, gebrannter Erde und Kalk. Seiner Anſicht nach ſei hier ein ſehr weſentlicher Punkt überſehen worden: große Feuersbrünſte in Magazinen nämlich rührten von dem Umſtand her, daß die Holzdecken dem Feuer ſowohl ſelbſt Nahrung gäben, als auch durch die leichte Luftzufuhr das Feuer unterhielten und ausbreiteten, welcher Umſtand bei ſeinem Syſtem natürlich wegfalle; das Feuer erzeuge eine zur Verbrennung nicht taugliche Atmoſphäre, und verzehre und verbrenne ſomit ſich ſelbſt. In Bezug auf die von Herrn Chriſtopher erhobenen Einwürfe ſagt Hr. Barrett, daß allerdings Portland-Cement nie hätte angewendet werden ſollen, daß aber Herr Chriſtopher ſelbſt der erſte geweſen ſei, der ihm den Vorzug gegeben und ihn eingeführt habe. Derſelbe habe die Vermuthung ausgeſprochen, daß das Springen des Cements von der Ausdehnung des Konkrets herrühre; es ſei indeſſen Thatſache, daß er 12 Monate lang nicht geſprungen ſei, und mithin könne man dem letzteren Umſtand die Schuld nicht beimeſſen. Es ſei keine Frage, daß ſich Konkret bei dem Feſtwerden ausdehne, ſpäter aber ſei dies nicht mehr der Fall. In einzelnen Fällen habe ſich Portland-Cement bei Decken vollkommen bewährt; er ſei aber ein ſehr unzuverläſſiges Material, und man bediene ſich beſſer einer anderen Art Cement. Herr Barrett lieſt hierauf mehrere Briefe vor, in welchen von der erfolgreichen Anwendung ſeines Syſtems die Rede iſt.

In Bezug auf die zum Austrocknen der Decken erforderliche Zeit bemerkt Herr Barrett, daß dies von der Jahreszeit abhänge, daß aber die Decken hinlänglich trocken ſeien, ſobald es die Wände und der Bewurf erlaubten das Gebäude zu bewohnen; bei einigen neuerdings in Windſor-Caſtle gebauten Decken ſeien die Zimmer 6 Wochen nach dem Legen der Balken bezogen worden. In Hinſicht der Ventilazion und Heizung ſei es ganz wahr, daß dieſes Syſtem manche Erleichterungen gewähre, wenn man ſie nur benutzen wolle; nothwendiger als bei der gewöhnlichen Methode ſeien dieſe künſtlichen Verbeſſerungen der Atmoſphäre durchaus nicht. Der Umſtand, daß durch den Boden keine Luftzufuhr an die Feuerſtellen ſtattfinde, ſei ſeiner Anſicht nach eher ein Vortheil, indem hiermit der ſo ſchädliche kalte Zug an die Füße der Perſonen verhütet werde. In der That ſei Herr Chriſtopher ſelbſt der erſte geweſen, der dieſen Punkt als einen Vortheil herausgehoben habe. Daß die nach ſeinem Syſtem konſtruirten Zimmer geſund ſeien, beweiſe der Umſtand, daß in einem Wohnhaus für 60 Arbeiterfamilien im verfloſſenen Jahr nicht ein Todesfall vorgekommen, was auch von der Geſellſchaft für Verbeſſerung der

Digitized by Google

Wohnungen der arbeitenden Klaſſe anerkannt worden ſei. Herr Barrett äußerte ferner, beſſere Grundbauten und Verbandſtücke ſeien durchaus nicht nothwendig, und führt als Beleg hierfür zwei Gebäude an, deren Grundbauten urſprünglich für Holzdecken berechnet geweſen wären, und die erſt in der Folge Decken nach ſeinem Syſtem erhalten hätten. Die angeführte Ausgabe für die Licenz werde durch die Erſparung an Feuerverſicherungskoſten vollkommen ausgeglichen. Die Ausgabe für Auswechslung der Balken ſei ein Irrthum und eben ſo wenig ſei ein Anſtreichen der Balken nothwendig. Schließlich bemerkt H. Barrett in Bezug auf ſeinen von H. Chriſtopher angegriffenen Koſtenanſchlag, daß derſelbe durchaus richtig ſei und daß ſich die in ſeinen Berechnungen zu Grunde gelegte Stärke der Balken reduciren laſſe. Er ſelbſt habe Decken mit Balken konſtruirt, deren Stärke um 25 Procent geringer geweſen ſei als die in ſeinen Berechnungen angenommene, und zwar mit befriedigenden Reſultaten. Die in H. Burnell's Tabelle beſchriebenen Balken des Louvre ſeien nicht ſo ſtark als die, welche er bei gewöhnlichen Wohnhäuſern anwende.

Herr Skoles wirft die Frage auf, ob Konkret ſich wirklich als feuerfeſt bewährt habe, und behauptet, er habe ein großes Stück in ein gewöhnliches Feuer geworfen, und dies habe ſich in nicht ganz fünf Minuten vollſtändig zerbröſelt.

Herr Baerett entgegnet, dies ſei keine Probe, aus der ſich Folgerungen ziehen ließen; die von H. Wyatt erwähnten Gipsplatten ſeien unter ähnlichen Umſtänden zerſtört worden. Seine Konkretdecken würden durch den Gips der Decke beſchützt, und wenn ſie einmal angegriffen worden ſeien, ſo habe dies ſeinen Grund in der lange Zeit fortgeſetzten Einwirkung des Feuers gehabt, welches man zum Austrocknen des Bewurfs der Wände unterhalten habe.

Herr Papworth bemerkt, ſeiner Meinung nach gäbe es noch kein feuerfeſtes Syſtem für Decken oder Dächer. Alle ſeit dem vorigen Jahrhundert bis auf dieſe Zeit hierüber angeſtellten Verſuche lieferten den Beweis, daß ſich das Feuer nur durch Verhinderung des Zutritts der Luft löſchen laſſe; Materialien wie Konkret und Gips würden von der Flamme unvermeidlich kalcinirt. Die beſprochenen Syſteme ſeien gleichwohl als Vorſichtsmaßregeln ſehr ſchätzbar und anerkennungswerth, und er ſpreche daher im Namen der ganzen Verſammlung den Herren Burnell und Barrett ſeinen Dank für ihre Mittheilungen aus.

H. Burnell erklärte, daß obwohl die franzöſiſchen Decken durch eine intenſive und lang fortgeſetzte Hitze zerſtört würden, dennoch die irdenen Töpfe der Verbreitung eines mäßigen Feuers ein großes Hinderniß entgegenſetzten.

H. Tarring bemerkt, daß in Weſten von England, wo Konkret- oder Kalk- und Aſchböden in Gebrauch ſeien, der Konkret zunächſt der Feuerſtelle Sprünge bekomme, daß er aber, aus Kalk, Sand und Harz zuſammengeſetzt, länger halte, als wenn er mit Kies zuſammengeſetzt ſei. Gipsdecken widerſtänden dem Feuer, Cement aber nicht, da dieſes Material der Hitze bald nachgäbe.

Schließlich macht der Präſident die Verſammlung darauf aufmerkſam, daß das Feuer auf Holz und Metall einen ſehr verſchiedenen Einfluß habe, indem erſteres ein Nichtleiter und letzteres ein Leiter der Wärme ſei, welcher Umſtand bei feuerfeſten Konſtrukzionen wohl zu berückſichtigen wäre —

Anſtrich auf Mauern.

Einen guten Anſtrich für Mauern, welcher dem Regen widerſteht und ſich durch die Einwirkung der Sonne und der Feuchtigkeit nicht abblättert, ſich nicht abreiben läßt und die Form der Gliederungen nicht verdirbt, erhält man durch die Vermiſchung eines Eimers gelöſchten Kalks und eines halben Eimers Steinmehl mit dunkelgelbem Ocker in größerer oder geringerer Quantität, je nachdem man den Ton des Anſtriches wünſcht, und rührt die Maſſe mit einem Eimer Waſſer an, in welches man ½ Pfund Alaun aufgelöſt hat.

Viel feſter wird aber der Anſtrich, wenn man nimmt: 17 Theile ungelöſchten Kalk, 7 Theile gebrannten Gips, 6 Theile Bleiweiß, 8 Theile friſch abgetropften Käſe. Den Kalk löſcht man in einer möglichſt kleinen Waſſermaſſe, rührt ihn mit dem Käſe um, bis ein weicher Teig entſteht; dann thut man den gebrannten Gips und das Bleiweiß hinzu, reibt die Maſſe auf einem Reibſtein mit etwas Waſſer an, bis ſie zum dicken Brei geworden iſt, und verdünnt davon ſo viel, als man im Augenblick gebraucht, mit Waſſer.

Digitized by Google

Beſchreibung einer Vorrichtung zum Ausziehen von Piloten.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 633.)

Bei dem Bau der Leinebrücken unweit des Dorfes Großfreden an der königlich hannoverſchen Südbahn machte das Ausziehen der Fangdammspfähle wegen der ungünſtigen Schichtung des Baugrundes große Schwierigkeiten und konnten dieſelben auf die gewöhnliche Weiſe durch Wuchten gar nicht zur ſteigenden Bewegung gebracht werden, obgleich die ſtärkſten Ketten angewandt waren, bis ſie riſſen. Um das Ausziehen der genannten Piloten jedoch bewirken zu können, wollte ich zuerſt den in Eytelwein's praktiſcher Anweiſung zur Waſſerbaukunſt §. 46 Seite 65 beſchriebenen doppelten Haspel anwenden, kam jedoch bald zu der Ueberzeugung, daß auch damit im vorliegenden Falle nicht die nöthige Wirkung hervorgebracht werden könne, weil die erſte Bewegung der meiſten Piloten auf dieſe Weiſe nicht gelingen würde. So kam ich auf den Gedanken, eine einfache Zugramme mit beweglichen Hinterruthen dazu einrichten zu laſſen, wie dies aus den Figuren 1 und 2 (Blatt 633) zu erſehen ſein dürfte. Dieſe Vorrichtung, welche hier mit 4 Flaſchenzügen der Einfachheit wegen dargeſtellt iſt, könnte leicht auch ſo eingerichtet werden, daß ſtatt der zwei oberen Flaſchenzüge die Rollen unmittelbar an die Laufruthen befeſtiget würden, wenn die erſteren nicht, wie dies hier der Fall war, vorhanden ſind.

Leicht läßt ſich die ſo gebildete Vorrichtung auf zwei zuſammengekuppelte Kähne ſetzen, und man kann damit überall auf dem Waſſer bequem zu jedem Pfahl kommen.

Dieſe ganze Veränderung der Zugramme, welche jederzeit wieder mit geringer Mühe zum gewöhnlichen Gebrauche hergeſtellt werden konnte, koſtete nur 9 Thlr. 22 ggr.

Da ich nun die nöthigen mechaniſchen Vorrichtungen hatte, wollte ich an Arbeitern ſparen und die Schlagbewegung, ähnlich wie bei einer Kunſtramme, nur mit dem Unterſchied, ſtatt einem einfachen oder doppelten Getriebe die Pfahlaufziehewelle, gebrauchen, wie ſolches die Fig. 2 darſtellt. Auf dieſe Weiſe ließ ich auch die im nachſtehenden Verzeichniß von Nr. 1—48 bezeichneten Piloten ausziehen, fand aber dabei, daß eine große Hubhöhe nur da zweckmäßig war, wo die Pfähle ſehr feſtſtanden, und es überhaupt doch beſſer ſei, geringere Hubhöhen nehmen und die Schläge raſch aufeinander folgen zu laſſen, weßhalb ich der Vorrichtung nunmehr die Konſtrukzion geben ließ, wie dies die Fig. 3 verſinnlichen wird, und womit ich nicht nur die Pfähle von Nr. 49—58 ſo wie 59 u. 60 des genannten Verzeichniſſes, ſondern alle ſpäter auszuziehenden Pfähle ohne Schwierigkeit hob.

Das Ausziehen ſämmtlicher Pfähle koſtete im Durchſchnitt pro Stück 16 ggr., während der Pfahl Nr. 8 mit Wuchten ſchon 2 Thlr. 20 ggr. Arbeitslohn, ohne die Ausgaben für zerriſſene Ketten gekoſtet hatte.

Die Wirkſamkeit einer ſolchen Vorrichtung läßt ſich ganz einfach berechnen.

Bezeichnet

r den Radius der kleinen Zugwelle,

l die Länge eines Hebels ſo weit derſelbe wirkt,

a die Anzahl der beweglichen Rollen in zwei Flaſchenzügen,

w die wirkende Kraft eines Arbeiters, ſo iſt

K die Geſammtkraft, ohne Rückſicht auf die Steifigkeit der Seile und der Reibung der Wellen

$$= \frac{l\,w\,a}{r}$$

Mit Berückſichtigung der Steifigkeit der Seile und der Reibung der Wellen für die Praxis dagegen iſt

$$K = \frac{l\,w\,a}{r} - \frac{l\,w\,a}{r}$$

$$= \frac{2\,l\,w\,a}{3\,r}$$

Bei der vorbeſchriebenen Vorrichtung iſt nun $r = {}^1/_3'$, $l = 3'$, $a = 6$ und w zu 50 Pfund angenommen, mithin iſt die Geſammtkraft, welche von einem Arbeiter zum Heben eines Piloten wirkt =

$$K = \frac{2.3.50.6}{3.{}^1/_3} = \frac{36.50}{1} = 1800 \text{ Pfd.},$$

und da hier an zwei Zugwellen mit 8 Hebeln 16 Arbeiter wirken können, ſo beträgt die Geſammtkraft dieſer 16 Arbeiter = 16.1800 = 28800 Pfund.

Dieſe Geſammtkraft iſt aber gewiß nur ſelten nöthig, weil die Bewegung der Piloten während des Schlags benutzt und auf dieſe Weiſe die Hebung ermöglicht wird.

Digitized by Google

Bei minder feſtſtehenden Piloten iſt oft ein Schlagwerk nicht erforderlich, wie dies bei den im Verzeichniß unter Nr. 1—6, 25—35, 59 und 60 der Fall war. Dagegen iſt bei ſehr feſtſtehenden Piloten das Schlagwerk zum Löſen ein Haupterforderniß.

Sollen die Piloten, wie dies größtentheils der Fall iſt, im Waſſer ausgezogen werden, ſo iſt hauptſächlich darauf zu ſehen, daß die Fahrzeuge, worauf die oben beſchriebene Vorrichtung ſtehen ſoll, die gehörige Tragfähigkeit haben, damit ſie bei ſtarker Kraftäußerung der Arbeiter nicht Waſſer ſchöpfen.

Als Regel für die Praxis iſt deshalb die Reibung der Wellen und Steifigkeit der Seile für die Tragfähigkeitsbeſtimmung der Fahrzeuge bei der Rechnung zu vernachläſſigen, für die Kraftäußerung eines Arbeiters 60 ſtatt 50 Pfund zu ſetzen, und das Gewicht der Vorrichtung und der thätigen Mannſchaft nicht zu veranſchlagen, weil die Arbeiter momentweiſe eine weit größere Kraft zu äußern im Stande ſind als die, welche für die regelmäßige Arbeitszeit angenommen werden kann, und hierdurch leicht, bei nicht gehöriger Vorſicht die ganze Vorrichtung mit der Mannſchaft in das Waſſer geſtürzt werden können, und ſo eine Gefahr entſtehen würde.

Verzeichniß mit der oben beſchriebenen Vorrichtung

über die

ausgezogenen Fangdammspfähle bei dem Landpfeiler A der Leinebrücke bei Großfreden.

Laufende Nr.	Hubhöhe des Rammbären vor der Anſpannung der Taue in Fußen.	Anzahl der Schläge.	Eindringen des Pfahles während der vorſtehenden Anzahl von Schlägen.		Länge des ganzen Pfahles.	Im Boden geſtandene Länge.	Hubhöhe des Rammbären nach der Anziehung der Taue in Fußen.	Dritte Anzahl der Schläge nach der Anziehung der Taue.	Eindringen des Pfahles während der vorſtehenden Anzahl von Schlägen.		Steigen des Pfahles.		Hubhöhe des Rammbären nach der Anziehung der Taue in Fußen.	Zweite Anzahl der Schläge nach der Anziehung der Taue.	Steigen des Pfahles nach vorſtehenden Schlägen.		Hubhöhe des Rammbären nach der Anziehung der Taue in Fußen.	Dritte Anzahl der Schläge nach der Anziehung der Taue.	Steigen des Pfahles nach vorſtehender Anzahl von Schlägen.		Bemerkungen.
			Zoll	Lin.					Zoll	Lin.	Zoll	Lin.			Zoll	Lin.			Zoll	Lin.	
1	.	.	.	.	12	8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Dieſer Pfahl iſt ohne Gebrauch des Schlagwerks ausgezogen.
2	.	.	.	.	12	7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	dergl.
3	.	.	.	.	12	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	"
4	.	.	.	.	15	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	"
5	.	.	.	.	18	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	"
6	.	.	.	.	22	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	"
7	6	12	3	.	26	4	3	8	.	.	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	
8	8	20	2	6	35	8	6	13	.	.	1	4	4	20	15	6	.	.	.	.	Dieſer Pfahl Nr. 8 war 2mal gedreht, ehe die Rammvorrichtung benutzt wurde, u. iſt deshalb über dem Boden beim Gebrauch der Rammvorrichtung abgebrochen.
9	12	20	3	6	40	10	6	16	1	2	.	3	3	36	10	8	2	24	21	3	
10	10	20	2	8	39	10	6	15	1	1	.	2	3	33	11	9	2	20	22	6	
11	10	24	1	11	38	8	6	24	.	5	.	3	3	30	8	5	2	31	21	4	
12	10	22	2	1	37	11	6	22	1	.	.	.	3	28	6	8	2	36	18	5	
13	10	16	2	.	36	10	6	25	.	8	.	2	3	34	7	9	2	28	25	.	
14	10	8	4	.	30	8	5	14	1	3	.	6	3	20	24	.	.	.	.	.	
15	8	8	3	.	28	8	5	14	1	.	.	9	3	16	22	3	.	.	.	.	
16	8	10	2	4	28	6	5	20	.	9	.	3	3	20	21	6	.	.	.	.	
17	8	6	3	.	28	6	5	18	1	3	.	.	3	24	18	.	2	12	1	9	
18	8	10	2	6	28	9	5	16	1	2	.	1	3	26	20	3	2	10	1	10	
19	8	11	3	3	28	8	5	19	.	8	.	4	3	28	16	6	2	12	1	8	
20	10	16	2	6	26	9	5	22	.	6	.	3	3	36	9	3	2	20	1	11	
21	10	15	1	9	26	6	5	24	.	9	.	4	3	30	10	6	2	12	2	1	

Digitized by Google

Laufende Nr.	Fallhöhe des Rammbären vor der Anspannung der Taue in Fußen.	Anzahl der Schläge.	Eindringen des Pfahles während der vorstehenden Anzahl von Schlägen.		Länge des ganzen Pfahles.	Im Boden gestandene Länge.	Fallhöhe des Rammbären nach der Anziehung der Taue in Fußen.	Erste Anzahl der Schläge nach der Anziehung der Taue.	Eindringen des Pfahles während der vorstehenden Anzahl von Schlägen.		Eisigen des Pfahles.		Fallhöhe des Rammbären nach der Anziehung der Taue in Fußen.	Zweite Anzahl der Schläge nach der Anziehung der Taue.	Steigen des Pfahles nach vorstehenden Schlägen.		Fallhöhe des Rammbären nach der Anspannung der Taue in Fußen.	Dritte Anzahl der Schläge nach der Anziehung der Taue.	Steigen des Pfahles nach vorstehender Anzahl von Schlägen.		Bemerkungen.
			Zoll	Lin.					Zoll	Lin.	Zoll	Lin.			Zoll	Lin.			Zoll	Lin.	
22	10	18	1	10	26	5	5	26	1	1	.	3	3	33	10	3	2	18	2	9	
23	10	19	1	6	26	5	5	28	1	.	.	4	3	34	10	6	2	14	2	6	
24	.	.	.	.	26	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
25	.	.	.	.	25	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
26	.	.	.	.	25	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Dieser Pfahl ist ohne Hilfe des Schlagwerks ausgezogen.
27	.	.	.	.	25	6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
28	.	.	.	.	22	7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
29	.	.	.	.	22	9	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	desgl.
30	.	.	.	.	22	12	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	"
31	.	.	.	.	18	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	"
32	.	.	.	.	15	8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	"
33	.	.	.	.	12	9	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	"
34	.	.	.	.	12	9	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	"
35	.	.	.	.	12	7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	"
36	6	4	3	.	18	12	3	4	.	.	1	6	2	12	35	6	.	.	.	.	"
37	6	8	2	8	22	10	3	6	.	6	1	9	2	10	28	3	.	.	.	.	
38	6	12	2	4	25	10	3	8	.	3	.	6	2	22	30	.	.	.	.	.	
39	6	15	1	9	28	11	4	10	1	3	.	3	2	25	25	6	.	.	.	.	
40	8	12	1	6	30	12	4	12	.	9	.	9	2	28	24	9	.	.	.	.	
41	10	20	1	9	31	12	4	22	.	.	.	.	3½	235	38	6	.	.	.	.	
42	10	20	1	6	29½	19	4	60	.	.	.	.	3½	115	30	.	.	.	.	.	
43	9	12	.	9	29	17	4	15	.	.	.	3	3	45	12	.	2	12	24	.	
44	.	.	.	.	25	12	4	4	.	.	.	6	3	12	1	.	2	15	30	.	
45	.	.	.	.	22½	11	3	10	2	1	.	3	2	6	4	.	2	.	.	.	
46	.	.	.	.	23½	12	3	12	1	3	.	.	2	18	4	.	2	20	15	.	
47	.	.	.	.	25	13	3	18	.	9	.	6	2	38	6	9	2	12	18	.	
48	.	.	.	.	25	12	3	27	1	3	.	3	2	30	4	6	2	18	20	6	
49	.	.	.	.	25	12	4	12	.	9	1	3	2½	15	18	9	2	10	18	.	Dieser Pfahl ist mit Hilfe des Zugschlagwerks ausgezogen.
50	.	.	.	.	25	11	3	15	.	.	.	9	2	12	21	.	.	.	.	.	
51	.	.	.	.	25	10	3	10	.	.	1	.	2	8	24	.	.	.	.	.	
52	.	.	.	.	25	8	3	6	1	.	2	.	2	4	20	.	.	.	.	.	desgl.
53	.	.	.	.	25	9	2½	4	.	.	2	6	2	3	15	.	.	.	.	.	
54	.	.	.	.	25	8	2½	4	.	.	3	.	2	4	19	.	.	.	.	.	"
55	.	.	.	.	29	12	2	26	.	.	.	.	2	100	24	6	.	.	.	.	"
56	.	.	.	.	25	9	2	4	.	.	4	.	2	7	28	.	.	.	.	.	"
57	.	.	.	.	25	10	2	6	.	.	1	6	2	8	16	3	.	.	.	.	Diese Pfähle sind ohne Hilfe des Schlagwerkes ausgezogen.
58	.	.	.	.	22	9	2	3	.	.	2	3	.	.	.	.	.	.	.	.	
59	.	.	.	.	18	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
60	.	.	.	.	15	12	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	

Aufgestellt Großfreden am 3. Januar 1853.

Der Sekzionsingenieur
Kullmann.

Digitized by Google

Ueber den Bau des neuen k. k. Erzherzogin Sophien-Teiches bei Przibram,

nebſt Teichwärterswohnung und Zuleitungsgraben zum beſtehenden k. k. Erzherzog Franz Karl-Teich, behufs der Verſorgung des k. k. przibramer Hauptwerkes mit Aufſchlagwaſſer;

von M. Reinſcher, Civilingenieur.

(Mit Zeichnungen auf Blatt **634**.)

1. Situazion der neuen Teichanlage (Blatt **634**.) — Der neue k. k. Werkteich, Erzherzogin Sophien-Teich genannt, liegt von der bohntiner Straße weſtlich in dem ſogenannten Pilkathale 2000 Klftr. entfernt und bildet ſich durch den neuen 206 Klafter langen, die beiden das Thal bildenden Gehänge in ſüdweſtlich nordöſtlicher Richtung verbindenden Damm. Die Dammlinie macht mit der Mittagslinie einen Winkel von 26° 30 Min. Der im Thale gehende Bach führt bei der trockenſten Zeit, wie es in dem laufenden Jahre der Fall war, wo in den Monaten September und Oktober Meſſungen vorgenommen wurden, im Minimo pr. Minute 38 Kubikfuß Waſſer.

Da das Terrain für die neue Teichanlage auf herrſchaftl. dobrziſchem Territorium liegt, ſo wurden vom k. k. hohen Montan-Aerar für dieſe Anlage 681685 Quadratklafter Gründe (ſämmtlich Waldgrund) nebſt einer in dem zu okkupirenden Terrain ſtehenden Brettſäge und eine Hegerswohnung eingelöſt, ſo daß der künftige höchſte Teichſpiegel nahe eine Fläche von 38 Joch oder 60800 Quadratklafter einnehmen und bei einer Füllung von 60 Fuß Tiefe am tiefſten Dammpunkte einer Faſſung von 64 Millionen Kubikfuß Waſſers fähig ſein wird. Der Fuß des Teichdammes, oder das Niveau der Ablaßröhren liegt nahe 96 Klafter über der przibramer Erbſtollenſohle, ſo daß die möglich gemachte Benützung des Teichwaſſers auf dieſes Gefälle wenigſtens eine vollkommene reine Pferdekraft pr. 1 Pf. Teichwaſſer gibt. Wenn alſo der Teich ſich jährlich auch nur einmal durch Schnee und Regenwäſſer füllte, ſo gäbe derſelbe eine mechaniſche Kraftbenützung von wenigſtens 130 Pferden durch 320 Tage zu 24 Stunden, und alſo gleich 390 wirklichen Pferden.

Der Damm ſelbſt hat bei ſeiner Länge von 206 Klaftern an der Krone im tiefſten Thalpunkte und im Niveau der untern Durchlaßröhren eine Sohlenbreite von 31 Klafter und eine Kronenhöhe über dieſen Durchlaßröhren von 10° 4′, ſo, daß der höchſte Waſſerſtand mit 60 Fuß über den Durchlaßröhren (Mönchröhren) angetragen wird. Er beſteht aus einem Mittelkerne von ganz reinem Letten, im Horizont der untern Röhren 11·66° breit, im tiefſten Thale dieſe Breite auf 20° der Länge nach beibehaltend, und dann nach beiden Enden auf 1.333° zulaufend. Mit dieſer Breite greift der Lettenkern durchaus 1° tief in das natürliche Terrain der Dammbaſis ein. Von dieſer Klafter Tiefe an ſollte nach den projektirten Plänen der Dammkern noch auf 2° tiefer und 2° breit über die ganze Länge des Dammes eingreifen und überdies noch an der Sohle einen Schlüſſel von 4 Fuß Tiefe und 4 Fuß Breite erhalten. Dieſe letzten Maße erlitten jedoch Veränderungen, wie ſie weiter unten werden erklärt werden.

An dieſen Lettenkern, deſſen Böſchung 63° beträgt, legt ſich von der Teichſeite ein Anſturz von 9.08° Breite an der Sohle mit einer Böſchung von 37°, und von der Rückſeite ein Anſturz von 10.25° mit einer Böſchung von 35° in der Sohle an, ſo, daß die geſammte Kronenbreite bei dieſen Böſchungswinkeln 2.66° beträgt, und zwar aus 1.33° Lettenkern und beiderſeitig 0.66° Anſturz beſtehend. Ueberdies wird der Damm von der Waſſerſeite mit einer Bruſtmauer von 3 Fuß unten auf 2 Fuß an der Krone zulaufend bedeckt (Trockenmauerung).

Für den Ablauf des Waſſers ſind im tiefſten Punkte 2 Röhrentouren von 12″ lichtem Durchmeſſer, $^5/_4$″ Wanddicke und 2″ dicken und $2^1/_2$″ hohen Verbindungskränzen aus Gußeiſen, dann in 5.33° Höhe des Dammes noch eine dritte eben ſolche Röhrentour eingelegt. — Die Einmündungen der Röhren haben in der Böſchungsrichtung liegende Anſatzplatten mit Schubern, welche von der Dammkrone aus mit für ſolche Zwecke ohnehin bekannten mechaniſchen Vorrichtungen geöffnet und geſchloſſen werden.

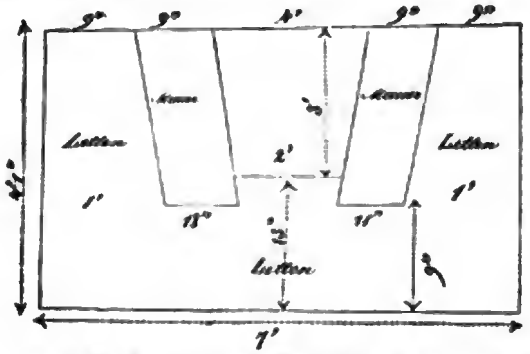
2. Herſtellung des mit dem beſchriebenen Damme in Verbindung ſtehenden Waſſerleitungsgrabens, ſo wie der Teich-

Digitized by Google

wärterswohnung. — Nachdem über die oben genannten Bauobjekte die nöthigen Vorarbeiten gemacht und die allerh. Genehmigung vom h. k. k. Miniſterium für Landeskultur und Bergweſen erwirkt worden war, begannen die Arbeiten am 11. Auguſt 1849 damit, daß den Bauunternehmern, den Herren Gebrüdern Klein, das Bauterrain übergeben und die Hauptpunkte und Hauptlinien der Anlage ausgeſteckt und verpflöckt wurden.

Vermöge des Vertrages mit der Bauunternehmung ſollte der Zuleitungsgraben vom neuen Teiche zum alten beſtehenden Erzherzog Franz Karl-Teiche in einer Länge von 1430 Klaftern ſchon mit Ende des Baujahres 1850 vollendet und zur Benützung übergeben werden. Es wurde alſo demnach dieſes Bauobjekt ſogleich in Angriff genommen, der auf der Grabenſtrecke zum Theil noch ſtehende Wald abgeräumt, und die Grabentour auf 3.5 Klafter Breite zur Aushebung des Grabens vorbereitet. Die Aushebung dieſer Grabentour mit einem Profil von 7′ unterer und 7′ oberer Breite bei einer Tiefe von 4 Fuß, wo die ſeichteſten Punkte waren, wurde auf ihre ganze Länge auch noch im erſten Baujahre bis Ende Oktober 1849 vollendet.

Dieſe Grabentour geht durch das verſchiedenartigſte Grundterrain, vom gröbſten Steingeröll an bis zu reinem Letten, Erde und Sand, ſo daß der Graben auf 13″ hoch an ſeiner Sohle faſt durchaus mit Letten ausgeſtaucht wurde, bis auf einige hundert Klafter, wo er partienweis durch Letten geführt werden konnte. Die Seitenwände mußten ebenfalls mit Letten hinter trockenen Stützmauern ausgeſtaucht werden, welche Ausſtauchung und Ausmauerung aus folgenden Profile erſichtlich wird.



Die Aushebung des Grabens wurde den Arbeitern nach laufenden Klaftern in Verding gegeben, und für die Aushebung an Stellen, wo grobes Geſtein wegzuſchaffen war, mitunter auch einzelne Steinmaſſen mit Pulver geſprengt werden mußten, pr. laufende Klafter gezahlt 1 fl. 54 kr. An Strecken von minderen Schwierigkeiten wurde die Klafter bezahlt mit 1 fl. 24 kr. bis 56 kr. herab.

Der größte Theil der Grabentour geht jedoch in leichter zu bearbeitendem Grunde, und es ſtellten ſich die Unkoſten nach folgenden Ziffern:

1 lauf. Klftr. Aushebung mit Wegſchaffung zur Seite und oberflächlicher Planirung des Ausgehobenen . . . . . 1 fl. 6 kr.

1 lauf. Klft. trockene Mauerung beiderſeits zuſammen aus 45 bis 50 Kub. Fuß pr. lauf. Klftr. . . . . — „ 48 „

1 lauf. Klftr. Stauchung von circa 63 Kub. Fuß Maſſe pr. lauf. Klftr., ſammt Zufuhr des Lettens auf 350° im Mittel . . . . . — „ 57 „

Da die Aushebung der ganzen Grabenſtrecke ſchon im Jahre 1849 vollendet wurde und ohne ausgeſtaucht und ausgemauert zu werden über den Winter ſtehen blieb, ſo mußte im kommenden Frühjahre die ganze Grabenſtrecke wieder aufgeräumt und nachgenommen werden, und dieſe Arbeit wurde pr. lauf. Klafter mit 24 kr. bezahlt, ſo, daß an jenen Stellen, wo Lettenſtauchung nothwendig wurde, die lauf. Klafter ohne Steine auf . . . . . 3 fl. 15 kr. kam.

Für die erſte Strecke vom Damme aus von nahe 600 Klaftern wurden theils die an der Tour ſelbſt gewonnenen Bruchſteine, theils jene Steine, welche aus den Schloßfundamenten des ausgehobenen Dammſchloſſes gewonnen waren, verwendet und kamen die Kub. Klafter auf . . . . . 2 fl. 18 kr.

Für die weitere Strecke von 830 Klft. wurden die Steine am Laaſer-Teich gebrochen und zugeführt, und kamen an Brecherlohn auf 2 fl. 30 kr., an Zufuhr auf 3 fl. 20 kr. im Mittel, zuſammen auf . . . 5 „ 50 „

ſo daß die Steine für eine lauf. Klafter Grabentour (von 52.5 Kub. Fuß) bei 830° auf . . . . . 1 „ 25 „

für die erſten 600 Klafter auf . . . — „ 34 „

und alſo die erſte Strecke von 600 Klft. die lauf. Klafter auf . . . . . 3 „ 49 „

die zweite Strecke von 830° auf . . . 4 „ 40 „

zu ſtehen kam.

Digitized by Google

Schlägt man dazu die allgemeinen Regiekosten, Werkzeugsabnützung und den Gewinn für die Bauunternehmung mit 25 Procent, so kosten	
die ersten 600 Klafter	2860 fl. — kr.
„ zweiten 830 „	4841 „ 40 „
Es waren jedoch auf sehr bedeutenden Strecken Nachbesserungen nothwendig, die im Ganzen betrugen . .	350 „ — „
Die Herstellung des untern Grabentourdammes kostete pr. lauf. Klft. noch 20 kr.	476 „ 40 „
Ferner betrug die Herstellung sämmtlicher Brücken und Wasserüberfälle, Wasserröschen und Ableitgräben	182 „ — „
Die in Kalk gelegte Wasserrösche am Ende des Grabens beim Laaser Teiche kostete	907 „ 16 „
Mithin ganze Kostensumme in K. M.	9617 fl. 36 kr.

Bei dieser Arbeit verdiente das Personal bei der Grundaushebung täglich 24 bis 36 kr., indem zwei starke mit der Arbeit vertraute Männer bis zu $^3/_4$ Klafter an den schwierigsten Stellen aushoben, also im Kub. Maße 126 Kub. Fuß Aushebung leisteten. Mit der Arbeit nicht vertraute Arbeiter leisteten kaum die Hälfte und klagten über schlechte Bezahlung.

Für die Stauchung waren pr. Kub.-Klafter nöthig 7 Mann und 1 Teichgräber, wodurch der Verdienst auf 21 kr. pr. Mann und 48 kr. dem Teichgräber zufielen.

Das Bauobjekt der Wärterwohnung, ein einfaches Gebäude mit Keller, zwei Wohnzimmern, Vorhaus, Küche und Viktualien-Gewölb, Stallung, einem oberen Bodenzimmer und Boden ist so geringfügig und die dabei gemachten Arbeiten sind von so bekannter gewöhnlicher Natur, daß darüber wohl nichts zu sagen ist und nur bemerkt wird, daß dasselbe den Bauunternehmern um nahe 350 fl. K. M. höher zu stehen kam, was wohl die erschwerte Zufuhr der Baumaterialien auf der bohutiner-Straße verursachte, da z. B. die Zufuhr von 1000 Ziegeln 8 fl. kostete, während die Ziegeln selbst nur mit 6 fl. 30 kr. bezahlt wurden.

3. Bau des Teichdammes. — Während die beiden vorhergehenden Bauobjekte zur Ausführung gediehen, waren auch die Arbeiten am Hauptbaue, dem Damme, in vollen Angriff genommen. Nachdem dafür schon im August 1849 alle Dimensionen des Objektes ausgesteckt und profilirt, und die innerhalb des Bauplatzes noch stehenden Bäume und Stöcke weggeschafft waren, wurde zur Planirung des Dammterrains geschritten und Untersuchungen im Teichspiegelterrain für Materialgewinnung in so weit veranlaßt, als es der in diesem Raume noch stehende Wald zuließ, welcher erst im Winter von 1849 auf 1850 abgetrieben wurde.

Die Planirungen des vom Damme selbst eingenommenen Grundes erforderten eine viel größere Arbeit als jene in den Ueberschlägen dafür angenommenen, weil zur Erreichung eines kompakten Grundes an allen Stellen der Dammbasis nicht nur durchaus auf anderthalb Fuß tief abgeräumt, sondern sogar an vielen Orten wegen des ganz lockern unverbundenen Gesteins bis zu 5 Fuß tief niedergegangen werden mußte, bis man für die Ansturzdämme ein schon in sich mit etwas Letten verbundenes Bodengestein erreichte. Das tiefste Thalmittel, in welchen der Pilkabach floß, mußte auf 20 Klafter der Länge des Dammes nach, und über dessen Breite von einigen 30 Klaftern von leichtem, lockermsandigem und sumpfigem Erdreiche und Steingerölle gesäubert werden, so daß schon die erste Arbeit des Hauptbauobjektes die dafür in den Ueberschlägen bedachten Arbeitsquantitäten sehr bedeutend überstieg. Vorzüglich fiel diese Mehrarbeit des Abraums (außer der Mitte) noch auf den südwestlichen teichseitigen Ansturzflügel des Dammes, wo die etwas steilere Ansteigung aus einem ganz zerrüttelten Gebirge bestand, und wo nach Verlauf des ersten Winters, nachdem Wald und Moos weggenommen waren, durch Fröste und Regengüsse ganze Kanäle ausgewaschen wurden, die nichts als blankes Steingerölle enthielten und also ausgehoben und der Raum verstaucht werden mußte.

Da auch im Laufe des Baujahres 1849 die Aushebungen für den Lettenkern auf 1 Klafter Tiefe unter dem natürlichen Terrain schon beendigt wurden und schon die Aussprengung des sogenannten Schlosses auf die projektirten 2 Klafter Breite und 2 Klafter Tiefe in Angriff genommen war, so zeigte sich in den Seitengehängen das Gestein bis auf 6 Fuß Tiefe in seinen Schichtungen mit Letten ausgefüllt und anscheinend, als ob es genügende Wasserdichtigkeit gewähren würde. Die Mitte in der Thaltiefe zeigte jedoch noch kein Gestein, sondern bei 9 Fuß Tiefe in der Nähe des Baches gelblichen wasserdichten Letten. — Dieser Umstand veranlaßte den Bauleiter, eine Besichtigung durch das

Digitized by Google

k. k. przibramer Bergoberamt nachzusuchen, in der Hoffnung, es dürfte vielleicht nicht nothwendig werden, mit dem Fundamentschlesse so tief zu gehen als es in den Voranschlägen projektirt war, wenn die k. k. Kommission vielleicht die genügende Wasserdichtigkeit des Grundes anerkennen sollte.

Die Sachverständigen der abgehaltenen Kommission fanden aber den gelblichen Letten als einen aufgelösten Grünsteingang, und es wurde beschlossen an dieser Stelle, ganz nahe dem Bache, noch tiefer als die bereits ausgehobenen 9 Fuß zu gehen, um sich von der Natur des Grundes vollkommen zu überzeugen. Dieses Niedergehen mittelst eines 9' langen und 6' breiten Schachtes wurde im Winter 1849/50 durch das k. k. Bergoberamt von Bergleuten durchgeführt, und da sich tiefer in diesem Schachte Wässer zeigten und bei 9 Klafter Tiefe wegen Wasserzudrang ohne Kunstmittel nicht mehr weiter gegangen werden konnte, wurde dieser Umstand die Veranlassung zu einer k. k. h. Ministerial-Kommission am 18. u. 19. April 1850.

Das erwähnte Niedergehen mit dem Schachte stellte zugleich die anfänglich getheilten Ansichten, ob diese Mittelmasse eine Ausfüllung eines Durchrisses, oder ob sie wirklich ein Gang sei, klar, und es erwies sich, daß ein Grünsteingang die Dammlinie in fast ganz süd-nördlicher Richtung durchstreicht.

Die hohe k. k. Ministerialkommission erkannte dann auch einstimmig an, daß zur Sicherung der Wasserhaltigkeit des Teichdammgrundes mit dem Schlosse durchaus so tief gegangen werden müsse, bis an allen Punkten desselben durch Erlangung soliden und verbundenen Gesteins dem Zweck der Anlage mit Sicherheit Genüge geleistet werden könne.

Daß durch diese unvorherzusehenden Lokalverhältnisse zugleich der Kostenpunkt der Anlage eine Veränderung erlitt ist klar, und da man nicht bestimmen konnte, um wie viel tiefer man im Ganzen würde gehen müssen, so wurden von der k. k. Ministerialkommission zugleich die Einheitspreise für die betreffenden Arbeiter mit der Bauunternehmung besonders verhandelt.

Es war aber nicht allein der im Mittel der Dammlinie und im tiefsten Thalpunkte durchstreichende Grünsteingang eine Veranlassung zu nicht vorauszusehender Mehrarbeit, sondern auch das Seitengebirge zeigte sich bei tieferer Aushebung des Schlosses unter einer Klafter klüftig ohne Ausfüllung, so daß also auf die ganze Dammlänge von 206 Klaftern unbestimmbar tief gegangen werden mußte.

Vorzüglich zerklüftet zeigte sich das Gebirge im südwestlichen Gehänge, wo auch streckenweise bis zu 5 Klafter tief gegangen werden mußte, bis festes Gestein erreicht werden konnte. Etwas dichter war das Gestein im nordöstlichen Gehänge, und durfte daselbst an der ungünstigsten Stelle nur 4 Klafter tief genommen werden. Auf dem Blatte 634 sieht man diese Aushebung im Längendurchschnitt und im Querschnitt der Röhrentour.

Bei allen diesen Uebelständen und der unangenehmen Aussicht auf stark vermehrte Kosten war aber das Einfallen der Gebirgsschichtung gegen oder in den Teich ein günstiger Umstand, weil dadurch die Erreichung des Zweckes, wenn auch mit höheren als anfänglich geglaubten Kosten verbürgt war. Es wurde also nach beendigter Kommission mit einem muthigen „Glück auf!" die Arbeit mit aller Energie fortgesetzt.

Während mit Anfang des Baujahres 1850 die Arbeiten für die Grundaushebungen auf der ganzen Dammlinie in Angriff genommen waren, mußte auch auf die Gewinnung des Lettens für die künftige Ausstauchung der Fundamente und des Dammlettenkernes, so wie für den Ansturz der Seitenansturzdämme Bedacht genommen werden. Der Wald im Teichspiegel war im verflossenen Winter abgetrieben und die ganze Teichfläche größtentheils bis auf nicht hinderndes Stockwerk gereiniget. Die Bauleitung veranlaßte demnach im ganzen Teichspiegel Untersuchungen mittelst kleiner Schächte, aber an allen Punkten auf 6—7 Fuß Tiefe ergab sich keine Hoffnung eines bedeutenden Lagers, und überall bei wohl gutem Letten ein abschreckendes Steingeschiebe. Eine einzige, am Ende des Teichspiegels gelegene, vom Bauleiter schon im vorhergehenden Jahre entdeckte Stelle versprach etwas Ausbeute, und es fand sich auch nach Abräumung der obern Erde auf $1^1/_2$ bis 2 Fuß tief eine Lettenschichte von 2 bis $2^1/_2$ Fuß Mächtigkeit der besten Qualität, allein zu wenig ausgedehnt, um für die enorme Quantität des Bedarfes eine bedeutende Ziffer zu geben.

Da aber im tiefsten Thalpunkte aufwärts von der Dammlinie eine Menge Quellen waren, die einen förmlichen Sumpf bildeten, drang sich dem Bauleiter die Ueberzeugung auf, es müsse, wenn auch tief, doch

Digitized by Google

eine wasserdichte Unterlage vorhanden sein. Er ließ demnach einen auf dem nördlichen Abhange angegriffenen Schacht, der in den ersten zwei Klaftern ein festes Letten- und Steinkonglomerat zeigte, mit aller Kraft weiter treiben, obgleich die Leute des Bauunternehmers schon allen Muth verloren hatten; mit zunehmender Tiefe zeigte sich immer mehr Letten und weniger Stein, bis man in der vierten Klafter ganz reinen Letten anstehen fand. Der Schacht wurde weiter geteuft, und der auf allen Seiten anstehende Letten war mit der fünften Klafter Tiefe noch nicht durchfahren. Dieser ermuthigende Fund veranlaßte nun die Aufdeckung des gefundenen Lettenlagers von der Oberfläche aus, vom Pilkabache gegen Norden, wo sich auch bald eine mächtige Ablagerung zeigte.

Wenn dieser Fund aber auch versprach die größte Sorge für die mögliche solide Herstellung des Bauobjektes zu beheben, so war er doch nicht geeignet eine billige Gewinnung, wie sie in den Voranschlägen aufgenommen war, als ob man im Teichspiegel den Letten nur aufladen dürfe, des fraglichen Materials hoffen zu lassen, da die ganze Ablagerung mit einem Konglomerat von 2 bis 3 Klafter Tiefe durchaus überlagert war, welches erst abgeräumt werden mußte, bevor man den Letten gewinnen konnte. Es blieb aber bei allen diesen ungünstigen Verhältnissen für die Kostenfrage der Anlage nichts anderes übrig als zuzugreifen, denn der Werth des einmal hergestellten Bauobjektes für die k. k. przibramer Silberbergwerke überwiegt auch noch größere Kosten als die in Aussicht gestellten.

Zur Ermittlung der Ausdehnung des Lettenlagers wurden nun am nordseitigen Thalgehänge mehrere Schachte abgeteuft und mit den meisten derselben in verschiedenen Tiefen von 5 bis 14 Fuß die Lettenlage erreicht, womit man sich die volle Ueberzeugung verschaffte, daß der Bedarf für den Bau werde gedeckt sein, was sich denn auch in der That bestätigte, da nach Vollendung der Anlage die Lettenablagerung noch lange nicht erschöpft sein wird.

Der Abbau des Lettens geschieht in Galerien, wovon gegenwärtig 9 — jede 5 bis 6 Fuß hoch — im Abbau sind wie es im Situationsplane ersichtlich wird; der Bau selbst sieht aus wie ein Amphitheater für Thiergefechte. Es arbeiteten das laufende Jahr in diesem Lettenstiche fast immer 100 bis 140 Partien zu 5 bis 6 Mann, die Karrenführer mitgerechnet, nebst mehreren Karrenführern zur Verführung der im Abraum ausgeschiedenen Steine, so daß auf einem Raume von 60 Klafter lang und 60 Klafter breit gewöhnlich 800 bis 900 Menschen sich bewegten.

Außer der schon an und für sich kostspieligen Gewinnung des Lettens durch den früher nöthigen Abraum auf die erwähnten Tiefen vertheuerte noch ein zweiter Umstand die Arbeit, indem der nach Aushaltung des gröberen Gesteines zum Ansturz für die Seitendämme verwendbare Abraum nicht sogleich an seinen Bestimmungsort abgeführt werden konnte, sondern auf besonderen Halden abgelagert werden mußte, bis die vorgerückten Lettenstauchungen seine Verwendung möglich machten. Es trat also schon in dieser Beziehung durch doppelte Aufladung und nochmalige Verführung ein höherer Arbeitslohn ein, der noch dadurch gesteigert wurde, daß viel mehr Abraum gewonnen werden mußte als später zur wirklichen Verwendung kommen konnte. Weiter unten werden die Gestehungskosten der Lettengewinnung und des Ansturzes sammt ihrer Verführung detaillirt auseinandergesetzt werden, und die Leistungen der Arbeiter pro Tag und Woche sich klar stellen.

Kehren wir nun wieder zu den Aushebungen am Damme zurück, so ergaben sich die Aushebungsarbeiten im Dammkerne, Schloß und Schlüssel, und in dem vorzüglich kostspieligen Mitteltheile, dem später sogenannten Schachte, an Arbeitslöhnen nach folgender Tabelle.

Bezahlte Arbeitslöhne bei den Grundaushebungen in den verschiedenen Tiefen, sammt Verführungen auf die rückwärtigen Halden, ohne Pulver und Werkzeugsabnützung, ohne Kosten der Zimmerung, Wasserhaltung und Gerüstung der Laufbrücken und der Wände.

Auf die	1ste	Klft.	unter dem natürlichen Terrain,				pr.	Kub.°	2 fl.	40 kr.
„	„	1.	„	Tiefe i. Fundamentschlosse			„	3 „	44	„
„	„	2.	„	„	„	„	pr.	Kub.°	4 „	26 „
„	„	3.	„	„	„	„	„	„	5 „	36 „
„	„	4.	„	„	„	„	„	„	6 „	40 „
„	„	5.	„	„	„	„	„	„	7 „	44 „
„	„	6.	„	„	„	„	„	„	8 „	48 „
„	„	7.	„	„	„	„	„	„	9 „	52 „
„	„	8.	„	„	„	„	„	„	10 „	56 „
„	„	9.	„	„	„	„	„	„	11 „	52 „
„	„	10.	„	„	„	„	„	„	12 „	40 „
„	„	11.	„	„	„	„	„	„	13 „	20 „
„	„	12.	„	„	„	„	„	„	13 „	52 „
„	„	13.	„	bis zum tiefsten	Punkte		„	15 „	44	„

Digitized by Google

Beispielsweise soll hier der Verdienst einer Woche im Schachte angeführt werden, und zwar in der 8. Klafter Tiefe vom 9. bis 14. December 1850.

Es waren 29 Mann zu 32, 28, 26 und 19 kr. an Taglohn für Arbeit im Schachte, an den Haspeln und zur Verführung. Diese arbeiteten in 160½ Schichten zu 12 Stunden 8 Kub. Klafter aus und erhielten 72 fl. 15 kr., kamen also pr. Schicht im Durchschnitt auf 27 kr.; es waren pr. Kub. Klafter 20 Schichten nothwendig, so daß die Kub. Klafter an Arbeitslohn auf 9 fl. kam. Vom 13. bis 18. Jänner 1851 wurden in der Tiefe 13 Kub. Klafter von demselben Personale ausgehoben und bezahlt mit 170 fl. 12 kr., wodurch die Kubikklafter auf 13 fl. 5½ kr. zu stehen kam; die Arbeit ging in Tag- und Nachtschichten kontinuirlich fort.

Außer diesen reinen Arbeitslöhnen

von		170 fl.	12 kr.
waren die übrigen Kosten für Tag- und Nachtarbeit: Zimmerhäuer	45 „	— „	
Dampfmaschinenpersonale	15 „	24 „	
Kunstwärter	12 „	40 „	
Sumpfabteufen . . .	21 „	30 „	
Oel 48 ℔ à 18 kr. .	14 „	24 „	
Zusammen . .	279 fl.	10 kr.	

so daß also eine Kub. Klftr. Aushebung auf 21 fl. 28 kr. kam. Der Schichtenlohn stellte sich bei 320 Schichten auf nahe 32 kr.

Wie ersichtlich sind dabei die Kosten für Brennholz bei der Maschine, für Zimmermateriale und andere allgemeine Regieauslagen nicht eingerechnet.

Bei den Aushebungen in den beiden Seitenflügeln, wo gewöhnlich 2 Mann mit 2 Karrenführern in einer Partie arbeiteten, kamen bei den verschieden bezahlten Preisen die Männer im Durchschnitt bei fleißiger Arbeit auf 36 kr., die Führer auf 20 bis 24 kr; und es sprengten 2 Mann, die mit der Arbeit umzugehen verstanden, in 5½ Schichten, einer Wochenarbeit, gegen 2 Kub. Klftr. aus. Weniger mit der Steinarbeit vertraute Arbeiter leisteten oft kaum die Hälfte.

Zu obigen Preisen müssen nun noch die Regiekosten, Pulver und Sprengutensilien, Laufbohlen, theilweise Zimmerung und Wasserschöpfung an jenen nicht mit dem Schacht in Verbindung gestandenen Stellen gerechnet werden, so daß man für die Seitenflügel obige Preise um wenigstens 25% höher in Anschlag zu bringen haben wird.

Die Kosten der Aushebungen im Schachte, wovon oben zwei Beispiele angeführt sind, kann aber nur die allgemeine Kostenrechnung bestimmen, weil die verschiedenartigen durch gar kein Gesetz bestimmbaren Hindernisse in solchen Fällen weder eine Preisbestimmung noch eine Leistungsbestimmung zulassen.

Es soll dem Schachtabteufen und seiner Ausstauchung mit allen seinen Vorfällen, so wie überhaupt den 20 Klaftern in der Mitte ein besonderer Abschnitt gewidmet werden, wenn wir vorher die Seitenflügel werden besprochen haben.

Bis zum 29. August 1850 waren die Aushebungen auf den Seiten so weit gediehen, daß eine k. k. bergoberämtliche Kommission das Grundgestein auf den beiden Gehängen als genügend dicht anerkannte und daß nur noch die Nachnahme des 4 Schuh tiefen und 4 Schuh breiten Schlüssels an der Schloßsohle zu gewältigen war. Zugleich wurde die Thunlichkeit der Ausstauchung dieser Fundamente anerkannt und angeordnet.

Der Bauleiter drang vorzüglich auf die noch im laufenden Jahre zu vollführende Ausstauchung dieser Gründe deshalb, weil durch Stehenlassen des tiefen Einschnittes durch die Winterwitterung Einbrüche und Auswaschungen, selbst bei einer sehr kostspieligen Zimmerung, hätten stattfinden müssen, welche durch die Ausstauchung eine Zimmerung entbehrlich machten und die Ufer vor Einsturz schützten, wodurch zugleich auch eine genaue Anschließung der Stauchung an Boden und Wände durch natürliche Setzung über Winter erzielt wäre.

Die Ausstauchung der Fundamente auf beiden Seiten begann am 13. September 1850 mit 70 Stößlern und 20 Arbeitern zum Einlassen des Lettens und zum Planiren vor der Stauchung. Diese Zahl Arbeiter wuchs jedoch bis Ende des Monats auf 650 Individuen, welche Zahl bis im Oktober sich auf 750 vermehrte. So wurde es trotz dem den Staucharbeiten in diesem Oktober nicht günstigen Wetter doch möglich, mit Ende Oktober 1850 die Ausstauchung größtentheils zu vollenden und dem Tagterrain gleich zu bringen. Die Arbeit selbst geschah im Taglohne, da wegen nöthiger Solidität der Arbeit sich ein Akkord dafür nicht leicht schließen ließ. Die Arbeiter dabei waren von 16 kr. bis 24 kr. bezahlt, und eine Kubikklafter gestauchte Lettenarbeit erforderte 12 Stauchschichten, 2 Planirer und 2

Digitized by Google

Eingeber (von oben wurde der Letten in Butten in die Tiefe gelaſſen), alſo zuſammen 16 Schichten, die Schicht im Mittel zu 20 kr., ſo daß die Kubikklafter auf 5 fl. 20 kr. an Staucharbeit kam.

Dieſe hohe Schichtenzahl entſtand durch eine ungewöhnlich — hier aber als nothwendig anerkannte — feſte Stauchung, und durch das die Arbeit verzögernde ſorgfältige Verſtauchen der zerklüfteten Seitenwände mit eiſernen Stößeln.

Daß die Stauchung der Fundamente mit zweckentſprechender Solidität durchgeführt wurde, bewies ſich durch eine von dem teichſeitigen Ufer zuſitzende Quelle, ungefähr 40 Klafter von der Mitte aus am nordöſtlichen Gehänge.

Dieſe Quelle wurde an ihrem Ufer bis zu Tage heraufgetrieben und ſo verſtaucht, daß dieſelbe nicht einmal an der Grenze der Stauchung und der Teichſeitenwand, ſondern um 20 Klafter weiter gegen den Teich zu durch das Grundgeſtein quoll, ſo, daß alſo allem Waſſerdurchdrange von der Teichſeite auf die Dammrückſeite durch das Lettenſchloß der Weg geſperrt war. Am ſüdweſtlichen Abhange waren keine Quellen, weder von einer noch der andern Seite zuſitzend.

Der zur Fundamentausſtauchung verwendete Letten wurde aus dem oben beſchriebenen Lager, dann von jenem am äußerſten Ende des Teichterrains, und ein kleiner Theil aus einer bis faſt zur Hälfte mit Steinen gemengten Ablagerung unterhalb des alten kleinen Teiches genommen. Letztere Partie wurde aber bald eingeſtellt, indem die Ausſcheidung des Geſteins ſich nicht lohnte und bei nicht genügend ſorgfältiger Scheidung für die Solidität der Stauchung zu fürchten war.

Der ſehr reine plaſtiſche Letten der zweiten Partie ging aber auch gänzlich auf und kam größtentheils in die Fundamente des ſüdweſtlichen Flügels, wofür derſelbe ſehr günſtig war, indem dieſes Terrain bedeutend zerklüfteter als das am nordöſtlichen Flügel ſich darſtellte und der weiche fette Letten die Spalten vortrefflich ausfüllte.

Die Stauchung ſelbſt wurde eher mit übertriebener Sorgfalt durchgeführt als daß man ſich eine Nachläſſigkeit dabei vorzuwerfen gehabt hätte.

Zur Zuführung des Lettens für Handkarren ließ die Bauunternehmung über 1000 lauf. Klafter Holzbahnen nach allen erforderlichen Richtungen zum Damme legen, welche im Situazionsplane erſichtlich ſind.

4. Schachtarbeiten und Arbeiten im Mittel des Dammes. — Während der Ausſtauchung der Fundamente auf den Seiten im Oktober 1850 waren die Aushebungen im Mitteltheile, dem Schachte, ſiſtirt und wurden dann wieder fortgeſetzt. Es war nach Anordnung der am 18. und 19. April 1850 abgehaltenen k. k. Miniſterialkommiſſion der Grund für die Röhrentouren, der Breite des Dammes und 3·5 Klafter der Länge nach bis auf feſtes ſolides Geſtein ausgehoben, ſo daß dadurch ein Kreuz gebildet wurde, damit die eingelegten Röhren durchaus auf feſtem gleichförmigen Materiale zu liegen kämen.

Der ganze rückwärtige Theil von der Rückwand des Schloſſes war 16½ Fuß unter dem Niveau der Röhrentour und auf 11° Breite in der Richtung des Dammes ausgehoben, ſo wie der an die Röhrentour angrenzende nordöſtliche teichſeitige Anſturzdamm auf 16.66° Länge bis 4 Fuß unter das alte Naturterrain von ſeinem waſſerläſſigen Grunde bis zu ſolider Sohle ausgehoben und bis auf die Normalſohle mit Anſturz der beſten Qualität aufgeſtaucht werden mußte. Der Theil vom Teichterrain bis zum Schloſſe, auf 3.5° Breite, war an der Teichgrenze 10½ Fuß tief und verlief ſich mit dem tiefſten rückwärtigen Punkte der Aushebungen, wie dies im Querdurchſchnitte des Dammes nach der Mittellinie der unteren Röhrentouren zu erſehen iſt. Dadurch erhielt der Damm in dieſer Linie eine Grundbreite von 34.35 Klafter, wozu noch der Grund der Bruſtmauer auf 4 Klafter in den Teich eingreift, ſo daß die geſammte Breite in der Linie der untern Röhrentouren auf 3.5° Breite 38.33 Klafter beträgt, wobei noch zu bemerken iſt, daß der erwähnte Theil der Bruſtgrundmauer 12½ Fuß unter dem Niveau erſt auf genügend feſtem Grunde aufgeſetzt und mit Kalk bis an das Röhrenniveau herausgemauert iſt. Der erwähnte rückwärtige tiefſte Punkt liegt 16½ Fuß unter dieſem Niveau und greift dabei erſt 1½ Fuß tief in feſtes Geſtein. Der auf Blatt **634** gezeichnete Querſchnitt zeigt alle dieſe Dimenſionen.

In der Mitte war das Erdreich für die Breite des Lettenkerns mit 11.66° auf eine Länge von 20° bis zu einer Tiefe von 1.77° unter das Niveau der Röhren ausgehoben und dieſe Fläche auf 1 Fuß hoch ſogleich mit Letten überſtaucht, um die Regenwäſſer nicht durch das Geſtein dem Schloſſe zulaufen zu laſſen; an beiden Rän-

Digitized by Google

dern der Schloßaushebung wurden auf 1½ Fuß Höhe über die Ränder noch besondere Seitendämme aufgeführt und die Wässer in Rinnen über das Fundamentschloß weggeleitet. Auf 12° der Länge nach über dem tiefsten Theil des Schachtes wurde eine Bretterhütte gebaut, so daß die Arbeit im Schachte wenigstens vor dem Eindringen der Regen- und Schneewässer von außen sicher gestellt war. Der Hauptbach wurde 12° von der Röhrentour im südwestlichen Gehänge 6 Fuß über dem Niveau in einem besonderen Gerinne über den ganzen Damm weggeleitet, und die im tiefsten Teichterrain noch zusitzenden Quell- und Regenwässer mittelst einer in den Vordamm eingelegten Rinne und einem genügend hohen provisorischen Vordamme gegen das tiefste Teichterrain über die Schloßaushebung weggebracht.

Die Arbeiten zum Niedergehen im Schachte selbst waren daher vor den obern Tagwässern sicher gestellt, allein dafür hinderten dieses Niedergehen um so mehr die unterirdisch zusitzenden Quellen von dem rückwärts gegen Osten laufenden Trschemaschna-Gebirgszuge, aus welchem nach Durchbrechung der gegen den Teich einfallenden Gesteinschichtung alle Quellen, die vorher das dem Damme rückwärts gelegene Terrain sumpfig machten, dem Schachte zusaßen.

Schon im Baujahre 1849 trug der Bauleiter Sorge wegen Gewältigung der Wässer beim Baue und projektirte den Herren Bauunternehmern die Herstellung einer Dampfmaschine mit starken 12 zölligen Doppelsätzen, worüber er denselben auch Pläne zur Ausfertigung auf den den Bauunternehmern eigenthümlichen zöptauer Eisenwerken entwarf. Obgleich anfänglich in die Vorschläge des Bauleiters eingehend unterließen sie doch die Ausführung und sendeten, nachdem die Wassergewältigung immer schwieriger wurde, im Monate Juni 1850 eine kleine Dampfmaschine mit einem 7zölligen und einem 9zölligen Pumpensatze her, welche wohl mit vielen zeitweisen Unterbrechungen der Arbeit, wegen nur genügender Gewältigung der Wässer bei trockener Zeit, die Aushebungen im Schachte bis zum tiefsten Punkte gedeihen ließen, welcher mit Ende Jänner 1851 auch erreicht war, eine weitere Gewältigung beim Herausstauchen aber immer noch in Frage gestellt blieb. Nach Erreichung von nahe 14 Klafter Tiefe unter dem Normalniveau erkannte eine k. k. bergoberämtliche Kommission die genügende Solidität der Fundamente für Wasserhältigkeit an, und es begann die Ausstauchung dieses theuern mühevollen Schachtes im Monate Februar 1851.

Schon im Oktober 1850, wo die Arbeiten wegen Nichtgewältigung der Wässer längere Zeit sistirt waren, erkannte der Bauleiter, daß man mit den eingehängten Sätzen wohl mühsam die nöthige Tiefe erreichen werde, daß aber nicht daran gedacht werden könne, damit die Ausstauchung heraufzubringen, worüber sich der Bauleiter auch im Baujournale vom Oktober 1850 äußerte und den Bauunternehmern Vorschläge und Pläne zur Anschaffung zweier Sätze von 12″ Durchmesser machte. Diese Sätze wurden auch wirklich bestellt und deren Vollendung noch im laufenden Jahre von der gräflich Wrbná'schen Eisenwerksdirekzion den Bauunternehmern zugesagt. Obgleich diese Bestellung wieder sistirt werden sollte, so ließ dies der Bauleiter doch nicht mehr zu, da sich ihm von Tag zu Tag mehr die Ueberzeugung aufdrang, ohne tüchtige Pumpen nichts ausrichten zu können.

Der immerwährende Kampf mit den zusitzenden Wässern war aber nicht die einzige Schwierigkeit und Kostspieligkeit beim Abteufen der Fundamente, sondern auch das an beiden Seiten des 2½ Klafter mächtigen fast senkrecht einfallenden Ganges angrenzende Gestein war so zerklüftet und mit Nachsturz drohend, daß dadurch eine ganz abnorme Auszimmerung nöthig wurde, welche nach endlicher Erreichung der Tiefe fast den halben kubischen Raum des Schachtes einnahm. Das k. k. Bergoberamt überließ auch deshalb den Bauunternehmern einige der gewandtesten Grubenzimmerleute, um jedem möglichen Unglücke vorzubeugen.

Da die erwähnten rückwärtigen Quellen bis zu einer Tiefe von nahe 10 Klaftern unter dem Röhrenniveau und 8.3° unter den Tagrändern des ausgehobenen Schlosses nachließen, tiefer aber nur mindere unbedeutende Quellen waren, so versuchte man diese Wässer in circa 4° vom Grunde aufwärts aufzufangen, was auch nach einigen vergeblichen Versuchen gelang. Die Schwierigkeit dieser Abfangung lag vorzüglich in dem Umstande, daß die Rückwand auf 12° lang und bis zum Tagrande hinauf, also auf mehr als 8° Höhe nach allen Richtungen zerklüftet und dabei von der dichten Zimmerung ganz bedeckt war. Nachdem aber endlich die Hauptzuflüsse abgefangen und die noch tieferen Wässer

Digitized by Google

mittelst Handpumpen den Hauptpumpen zugehoben wurden, begann die Ausstauchung der Fundamente Mitte Februar 1851.

Ausstauchung des Schachtes. — So schwierig man sich auch im vorhinein bei den bestandenen und beschriebenen Umständen die Ausstauchnng der ausgehobenen Fundamente denken konnte, so übertraf die Wirklichkeit doch noch jede Vorstellung. Bei den untersten 3½ Klaftern, wo ein solides Gestein Wände und und Sohle bildeten, ging die Stauchung ziemlich von Statten und hinderten nur das vorsichtige Abnehmen der Zimmerung so wie einige Auswaschungen, vielmehr Nachstürzungen des Gangmittels einzelner Partien, nach Hinwegnahme der Zimmerung eine raschere Arbeit.

Als aber die Höhe des Quellenbereiches erreicht war und diese zurückgedrängt werden mußten, wurde die Arbeit langsam vorwärts gehend und beschwerlich. Dazu kam noch ein regenreiches Frühjahr, und die zugesagten Pumpen waren Ende Februar 1851 noch nicht fertig Es mußte die Arbeit wegen Nichtgewältigung der zusitzenden Wässer, obgleich nebst den zwei durch die Maschine betriebenen Pumpen so viele Handpumpen in beständigem Gange waren als der Platz nur anzubringen erlaubte, doch oft Tage lang sistirt, dann ein Theil des bereits Gestauchten, den die Wässer aufweichten, zusammengekratzt und durch Kübel herausgeschafft werden. Die heftig zusitzenden Quellen brachen, nachdem man selbe gewältigt und zurückgedrängt glaubte, durch den Letten wieder hervor, so daß ganze Partien wieder weggerissen und zwei bis dreimal neu gestaucht werden mußten. Man versuchte mit hydraulischem Kalkcemente des Zudranges Meister zu werden, aber das Wasser bot bei einer Druckhöhe von fast 10 Klafter allen Mitteln Trotz. Nach manchem vergeblichen Versuche, den man villeicht sinnreich nennen würde, wenn er gelungen wäre, blieb nichts anderes übrig als Gewalt mit Gewalt zu vertreiben.

Das Haupthinderniß der Verstauchung lag vorzüglich in der ganz zerklüfteten Rückwand aus einem nicht die geringste Fläche bietenden Gestein; die Wässer hatten alles gelöst, und wurde die Zimmerung weggenommen, stürzten ganze Massen von Gerölle nach; es entstanden Höhlungen, die ausgefüllt werden mußten, wodurch auch besonders die Zimmerung gefährdet war. Es war demnach ein Verstauchungsmaterial nöthig, das schwer auflöslich und weich sich in alle wie immer gestalteten Formen und Fugen gleichsam wie Leim anschmiegen ließe.

Der Bauleiter ließ daher aus den schon bestaucht gewesenen und herausgenommenen Lettenpartien, nachdem sie zu Tage wieder etwas von ihrem überflüssigen Wasser verloren hatten, kubische Ziegel von 8″, 10″ bis 12″ machen. Da ohnehin für die Stauchung aus dem bereits genügend aufgeschlossenen Lettenlager die besten und reinsten Lettenpartien genommen wurden, so gaben diese Ziegel ganz das gewünschte und erforderliche Material, welches der nahe aus dem Stich kommende frische Letten nicht gewährte.

Es dürfte hier dem Techniker nicht uninteressant sein eine nähere Beschreibung der endlichen Gewältigung der Quellen zu lesen. Zur näherer Erläuterung dient die Skizze Fig. 3 des betreffenden Schachtantheils im Grundrisse.

Am nordöstlichen Flügel machte die Aushebung des Gesteins bei aaaa einen Absatz, und zwei Hauptquellen bei b und c waren einmal schon überstaucht und an die Wand DD zurückgedrängt, arbeiteten sich aber bei d wieder durch die Stauchung durch, so daß der ganze Raum aaaa eeee wieder auf nahe 4 Fuß tief herausgenommen werden mußte. Dieser Raum bildete dann einen besonderen Sumpf, aus welchem man versuchte die Wässer mit Handpumpen über den andern bereits aufgestauchten Theil NNNN den Sümpfen für die Maschinenpumpen bei X und Y zuzuheben.

Es konnten aber vier Handpumpen von 3″ und 4″ Durchmesser, jede mit vier Pumpen, kontinuirlich betrieben den Wasserandrang kaum gewältigen; zugleich war der Raum durch die Saugröhre der vier Pumpen zur Ausstauchung so beengt, daß nicht rasch genug gearbeitet werden konnte. Man fing die Verstauchung bei u an, indem von den gemachten Ziegeln in den 2 Fuß tiefen Wasserstand so viele eingedrückt wurden, daß sie über das Wasser ragten, und dann von den stärksten Arbeitern mittelst hölzener Schlägel von 20 bis 30 ℔ Schwere so hinein getrieben wurden, daß sie sich in die Gesteinspalten der Wand aaaa eindrängen mußten. Auf diese weichen, aber zähen und zusammenhängenden Ziegel wurden dann frische, große kompakte Lettenstücke aufgelegt und in die weichere Masse der Ziegel so eingetrieben, daß man endlich bis zur Quelle bei b vordrang und nur noch ein kleiner Raum mit den beiden Hauptquellen übrig blieb. Die eingehängten Handpumpen wur-

Digitized by Google

den weggenommen und das Waſſer ohne Stillſtand mittelſt Handſchöpfer ſo ſchnell als möglich in eine Lettenrinne K an der Wand DD geſchöpft, wo es den Maſchinenſümpfen zufloß. Mit der Arbeit wurde nun emſig, mit Aufbietung aller Kräfte und aller dabei helfenden Mittel zur Aneiferung der Arbeiter ohne Aufhören auf die erwähnte Art mit den Ziegeln und friſchem Letten fortgefahren, bis beide Quellen gewältiget waren.

Als endlich das Niveau der bereits ausgeſtauchten Fläche NNNN erreicht war, die Quellen ſich wieder nur an der Wand DD entleerten und ihre Wäſſer in der etwas tiefer gehaltenen Lettenrinne KK abfloſſen, wurde mit der Stauchung dann ſo fortgefahren, daß an der Wand EE immer höher gehalten wurde und die Wäſſer auch diejenigen, welche in unbedeutender Menge von der Teichſeite zufaßen und in kleinen Rinnen über die Stauchung zur Rückwand geleitet wurden, alle an der Rückwand zu den immer etwas tiefer gehaltenen Sümpfen der Maſchinenpumpen abfließen mußten. Dieſe Art der Verſtauchung mittelſt der beſchriebenen Ziegelmaſſe wurde an den Wänden nun durchaus beibehalten, und ſo, zwar oft noch mit vieler Mühe, die Ausſtauchung und Rückdrängung der Quellen bis zn Tage vollendet. Für die erwähnte Ziegelfabrikazion, welche Ziegel anfänglich aus dem bereits einmal geſtaucht geweſenen Letten gemacht wurden, der aber für die große gebrauchte Maſſe nicht hinreichte, diente eine von der Bauunternehmung im vorhergehenden lauen Winter in der Nähe des Schachtes zur Ausſtauchung deſſelben angeführte Lettenhalde, deren Letten durch die Witterung aufgelöſt und gerade geeignet war die erforderliche Maſſe für die Stauchziegel zu geben.

Alle Fugen, Klüfte und Einbrüche hinter der Zimmerung, welch letztere oft ſehr tief in die Wände griffen, wurden mit ſolchem Materiale ausgefüllt und von ſtarken Arbeitern mittelſt ſchwerer hölzerner Schlägel, eiſerner Handſtößel und ſelbſt mit eiſernen ſchweren Schlägeln ſo feſt eingetrieben, daß man für die Waſſerdichtigkeit der Schachtfundamente mit aller Ruhe bürgen kann. Die beiden Hauptquellen verfolgten aber die Arbeit bis zum Tagrande, wo ſie auf ihren urſprünglichen Austrittsort vor dem Beginn des Baues unterhalb des Dammterrains zurückgedrängt waren, und zum Beweiſe, daß alle dieſe Quellen wieder in ihren alten Lauf zurückgedrängt worden ſind, diente das Wiederſumpfigwerden des hinter dem Damme liegenden nordöſtlich von der Bachſohle befindlichen Grundes.

Bevor noch die beſchriebene Ausſtauchung und Rückdrängung der beiden Quellen b und c begonnen, war bis zum 8. April 1851 eine der fertig gewordenen zwölfzölligen Pumpen eingehängt, ſo daß ſpäter keine Störung der Arbeiten durch Austränkung mehr ſtattfinden konnte, welcher Umſtand wohl auch das Gelingen der Verſtauchung förderte, weil alle mühevolle Arbeit durch ein ſolches Dazwiſchenkommen wahrſcheinlich wieder umſonſt geweſen wäre.

Dieſe ſchwierigen mit vielen anderen Unannehmlichkeiten verbundenen Arbeiten veranlaßten den Bauleiter um eine k. k. Miniſterial-Kommiſſion an Ort und Stelle anzuſuchen welche auch am 5. Juni 1851 durch den k. k. Herrn Sekzionsrath beim Miniſterium für Landeskultur und Bergweſen P. v. Rittinger abgehalten wurde, und bei welcher angetragen war, die ſämmtlichen Unkoſten dieſer Mittelſtrecke der Dammfundamente auf 30 Klafter der Länge nach und bis zu den Tagesufern in beſondere Verrechnung zu nehmen, und für Aushebung, Ausſtauchung, Waſſergewältigungskoſten und Zimmerungsauslagen ſich mit der Bauunternehmung beſonders zu vergleichen.

Daß man bei ſolchen Arbeiten, wie ſie in dieſem Dammſchloßantheile vorkamen, weder eine vorherige Koſtenbeſtimmung noch eine vorherige Leiſtungsbeſtimmung der Arbeiter in Rechnung nehmen kann, verſteht ſich wohl von ſelbſt. Viele Arbeiten und Mühen werden in ſolchen Fällen oft mehr durch die Art der Behandlung des Arbeiters als durch baare hohe Bezahlung zum Ziele geführt. Es waren einzelne Monate, wo nur eine gütige encouragirende Behandlung des Arbeiters, und allenfalls ein Gläschen zu rechter Zeit, oder auch dem dafür empfänglichen Individuum ein gutes Wort, den Angriff und die Dauer bei der Arbeit möglich machten, denn einige Mann ſtanden ſtundenlang bis an den Unterleib im Waſſer und arbeiteten, daß ihnen der Schweiß über die Stirne lief; und dies nicht um Geld, ſondern um einige Tropfen Branntwein. Der Berichterſtatter macht dieſe Anmerkung keineswegs, um dies Verfahren in ſolchen Fällen als eine Regel geltend machen zu wollen; aber es iſt einmal ſo, und ein Bauleiter hat in ſolchen Fällen nur darauf zu achten, daß es zu gehöriger Zeit und während der Arbeit in mäßigen Doſen geſchieht. Der Bauleiter muß in ſolchen Fällen, wenn es nicht durch andere Umſtände unmöglich iſt, ſelbſt gegenwärtig ſein und ſich nicht ſcheuen mit Schmutz bedeckt wie der Arbeiter auszuſehen; am

Digitized by Google

allerwenigſten taugt in ſolchen kritiſchen Fällen eine rauhe gebieteriſche Behandlung des Arbeiters, denn da wirft der Arbeiter die Inſtrumente weg und geht.

Während ſo die Ausſtauchung der Mittelſtrecke bis 6. September 1851 auf die Höhe des Schloſſes, d. i. 1.77° unter dem Niveau der Röhren vollendet worden, waren auch die übrigen Stauchungen des geſammten Lettenkerns und der Anſturzdämme ſo weit in Angriff geweſen als es ſich thun ließ, bevor noch die Mitte ſelbſt über die ganze Dammbreite mit in Angriff genommen werden konnte, und da der ganze September des Jahres 1851 für die Staucharbeiten zu Tage ſo ungünſtig war, daß faſt nichts geſchehen konnte, ſo wurde nach Vollendung des Schachtes nur die Mitte im Monate Oktober noch ſo weit nachgenommen, daß man die Höhe der Röhrentour, vorzüglich mit jenem Theile, auf welchem die Röhren liegen, die 3.5° Breite, erreichte, welcher Theil nicht nur mit aller Sorgfalt und ſehr gutem Letten verſtaucht wurde, ſondern ſich auch über Winter ſo kompakt zuſammenſetzen konnte, daß eine Senkung der Röhren rein unmöglich werden mußte. Das Legen der Röhren ſelbſt wurde dem heurigen Baujahre vorbehalten, weil der November 1850 ſchon anfänglich die Arbeiten einſtellen machte, und die Röhren, ohne vor dem Winter wenigſtens 5 bis 6 Fuß hoch überſtaucht zu ſein, einzulegen nicht räthlich geweſen wäre.

Bei der am 5. Juni 1851 abgehaltenen k. k. Miniſterialkommiſſion kamen auch die Schwierigkeiten der Lettengewinnung und des Anſturzes zur Sprache; die Bauunternehmer forderten höhere Preiſe für Gewinnung, Zufuhr und Stauchung, und da durch die k. k. hohe Miniſterialkommiſſion alle Einfluß nehmenden Umſtände erhoben waren und eingeſehen wurde, daß um die früher ſtipulirten Preiſe die Arbeit weder oberflächlich geleiſtet noch weniger aber mit der verlangten und für den Zweck erforderlichen Solidität hergeſtellt werden konnte, wurden auch hierüber neue Einheitspreiſe ſtipulirt.

7. Lettengewinnung, Zufuhr und Stauchung. — Der zum Glück aufgefundene Lettenſtich griff mit ſeiner Sohle unter das Niveau des Teiches und der Sohle des Pilkabaches, und es wurden für die Aushebung des tiefer liegenden Lettens auf dem tiefſten Punkt des Lagers zur Waſſerhaltung einige Pumpen nothwendig, weil durch die im Jahre 1851 ſo häufigen, gewöhnlich noch ſehr heftigen Regengüſſe, und zum Theile auch durch einige im Lettenſtich ſelbſt ſich öffnenden Quellen ſo bedeutende Waſſerquantitäten zuſammen liefen, daß zwei Pumpen faſt den ganzen Sommer zu ſchöpfen hatten. Dieſes tiefer liegende, durch die Aushebung leer gewordene Terrain des Teichſpiegels, wenn ſich kein todtes Waſſer darin zum Nachtheile der Füllung des künftigen Teiches bilden ſollte, mußte wieder wenigſtens auf die Höhe der tiefſten Teichſohle ausgefüllt werden, wozu die zu nichts anderm verwendbaren Steine des Abraumes und der nicht verwendbare Abraum ſelbſt beſtimmt, die Koſten dieſer Ausfüllung aber mit in den Preis der Lettengewinnung und Zufuhr eingerechnet wurden.

Im Baujahre 1851 ſtellte ſich die Gewinnung des Lettens pr. 1 Kub.-Klafter auf . 1 fl. 50 kr.
Die Verführung auf den Damm auf 2 „ 40 „
Der zuvor nöthige Abraum, um 1 Kub.-Klafter Letten gewinnen zu können, und jener zum Anſturz nicht verwendbare Antheil betrug pr. Kub.-Klafter Letten . . . . . 2 „ 7½ „
Zuſammen 6 „ 37½ „
Dazu wurde eine 20%tige Regie gerechnet mit . . . . . 1 „ 19¼ „
ſo daß eine Kub.-Klafter im Stiche gewonnener Letten auf . . . . . 7 fl. 56¾ kr. kam.

Da man ferner annahm, daß eine Kub.-Klafter dichter Letten in der Stauchung 1¹⁄₁₀ Kub.-Klafter gibt, ſo wurde der Preis einer Kub.-Klafter geſtauchten Lettenkörpers für Gewinnung und Zufuhr mit der Bauunternehmung auf 7 fl. 15 kr. K. M. beſtimmt, wofür ein h. k. k. Miniſterium für Landeskultur und Bergweſen jedoch nur 7 fl. pr. Kub.-Klafter zu genehmigen geruhte.

Im heurigen Baujahre ſtellte ſich die wirkliche Auslage für eine Kub.-Klafter Letten und Abraum, nachdem der Abbau des Lagers bereits ſo eingerichtet war, daß Letten und Anſturz zugleich gewonnen und wegen Vorrückung der Stauchungen auch beides zugleich verwendet werden konnte und keiner Deponirung noch neuer Aufladung bedurfte, für Gewinnung und Zufuhr von 2 fl. 24 kr. bis 3 fl. 12 kr., alſo im Mittel 2 fl. 48 kr.

Dazu muß aber die Verführung der Steine aus

Digitized by Google

dem Abraum gerechnet werden, wofür nach den wöchentlichen Aufschreibungen sich stellten:

Kubik-Klafter					Fuhren
Bei	2392	Letten und	Anſturz,	Steine	20547
„	1977	„	„	„	16699
„	1196	„	„	„	10520
„	3347	„	„	„	32242
„	2831	„	„	„	12530 also
für	11743	Letten und	Anſturz	Steine	92538

Fuhren.

Es wurde für einen Handkarren mit einer Ladung von 5 bis 6 Kub. Fuß Steinen pr. Karren 2 kr. im Mittel gezahlt, um ſolche an den auszugleichenden Ort des ausgehobenen Lettenlagers bergab zu bringen, welches Bergabfahren wegen beſchwerlichem Widerhaltens mehr anſtrengt als Aufwärtsfahren. — Demnach entfallen für eine Kub. Klftr. Letten oder Anſturz in Konv. Münze 15·8 kr., alſo nahe 16 kr.

Beim Fahren auf die Anhöhe des Dammes und über den friſch geſtauchten Damm ſelbſt waren Aushelfer oder Nachſchieber nothwendig, die nach mehrmaligen Ueberrechnungen auf die Kubikklafter eine Zurechnung machten mit . . . . . 16 kr.

Rechnet man dazu die Abnützung der Werkzeuge, vorzüglich der Karren, deren 200 an der Zahl im Mittel zu 17 fl. K. M. mit dreimaliger Reparatur zu 8 fl. K. M. in einem Sommer gänzlich zu Grunde gehen, ſo entfallen für heuer rund zugeführte 11000 Kub.-Klftr. pr. Kub.-Klafter nahe . . . 28 kr.

Andere Werkzeuge und Schmiere . . 10 kr.

Auf die Herſtellung der Holzbahnen und der Wege bei beſtändiger Aenderung derſelben im Terrain des Lettenlagers durch deſſen Abbau pr. Kub. Klafter . . . 18 kr.

Die allgemeine Regie und Aufſicht, Krankenkoſten, Unglücksfälle, Gebäudekoſten, Holzentſchädigungen, kann man anſetzen mit . . . . . 36 kr.

Es kommt alſo dieſes Jahr eine Kub. Klafter Lettea, ſo wie eine Kubikklafter Anſturz für deren Gewinnung und Zufuhr mit den obigen . . . . . 2 fl. 48 kr.

auf . . . . . 4 fl. 52 kr.

Selbſtkoſten, wobei aber noch keine Vorauslagskapitals-Intereſſen gerechnet ſind, ſo daß man im Ganzen die runde Summe von 5 fl. pr. Kub. Klafter in Rechnung nehmen darf.

Es ſtellt ſich demnach die diesjährige Koſtenberechnung für Letten etwas niedriger als im vorigen Jahre, dafür aber der Anſturz gleich hoch mit dem Letten.

Daß die Gewinnung und Zufuhr heuer etwas billiger als im vorigen Jahre ſteht, die Noth aber größer und die Lebensmittel theurer waren ſcheint für den erſten Moment etwas paradox zu klingen. Man darf dies aber dem Umſtande zuſchreiben, daß gerade die Noth im heurigen Baujahre Ueberfluß an Arbeitern machte und dieſe um jeden Preis zu arbeiten zwang. Dieſe Annahme beſtätigte ſich auch dadurch als ganz richtig, daß, ſo lange die Erdäpfel nicht ausgehoben werden konnten, genügend Arbeiter zu Gebote ſtanden, nach der Erdäpfelernte aber nicht nur Mangel an Leuten entſtand, ſondern auch Preiserhöhungen verlangt und gezahlt wurden, ſo daß die Kub. Klafter im Frühjahre zu 2 fl. 24 kr., im September und Oktober mit 3 fl. 12 kr. bezahlt werden mußte.

Die Letten- und Abraumgewinnung geſchah durch einzelne Arbeiterpartien von 5 bis 6 Individuen, 2 Hauptarbeiter und 3 bis 4 Karrenführer, im Akkordwege. Es waren 6 ſolche Arbeiter die Woche bei ſehr günſtiger Witterung höchſtens im Stande 7 Kub.-Klafter zu gewinnen und zu verführen; im Durchſchnitte kann man für eine derlei Arbeit nur rechnen, daß 6 Mann wöchentlich 4 Kubikklafter zu Stande bringen. Dieſe Zahl ergibt ſich auch aus der diesjährigen Hauptleiſtung durch 26 Arbeitswochen, in welchen 11800 Kubikklafter Letten und Abraum gewonnen wurden und immer im Durchſchnitt 115 Partien arbeiteten, ſo daß dadurch pr. Woche und pr. Partie:

$$\frac{11800}{115.26} = 3.94 \text{ Kub.}^{\circ} = 4 \text{ Kub.}^{\circ} \text{ entfallen.}$$

Die Stauchung im Jahre 1851 im Lettenkern, innerhalb der Ufer des natürlichen Terrains, wurde mit derſelben Feſtigkeit wie im Dammſchloſſe gefördert, und es zeigte eine beſondere deshalb vorgenommene Stauchprobe pr. Kubikklafter 17 Schichten bei beſtändiger Aneiferung und Aufſicht, und zwar:

14 Schichten	a 19 kr.	. . . . .	4 fl. 26 kr.
3 „	22 „	. . . . .	1 „ 6 „
		Summa . .	5 fl. 32 kr.
Dazu für dieſe Arbeit nur 10%tige Regie		—	33·2 „
		gibt die Kub.-Klftr. mit	6 fl. 5.2kr

Digitized by Google

Im laufenden Jahre 1852

Für Letten:	8 Staucher	à 19 „	2 fl. 32	kr.
	2 Planirer	à 24 „	48	„
	1 Wasserträger	à 24 kr.	— 24	„
	Summa . .		3 fl. 44	kr.
dazu 10% Regie			— 22·4	„
gibt die Kub.-Klftr. mit			4 fl. 6½	kr.
Für Anſturz:	6 Staucher zu 19 kr.		1 fl. 54	kr.
	1½ Planirer „ 24 „		— „ 36	„
	1 Wasserträger 24 „		— „ 24	„
	1 Junge zum Stein-ausholen. . . .		— „ 12	„
	Summa		3 fl. 6	kr.
Dazu 10%tige Regie			— „ 18·6	„
gibt die Kub.-Klftr. mit			3 fl. 24½	kr.

Mithin ſtellt ſich für 1852

eine Kub.-Klafter Lettengewinnung, Zufuhr und Stauchung auf . . . . . 9 fl. 6½ kr.

eine Kub.-Klafter Anſturz, Gewinnung, Zufuhr und Stauchung auf . 8 „ 24½ „

Bei der Stauchung im Allgemeinen fördern vorzüglich die Arbeit: eine genügende Verkleinerung des in groben Stücken gewöhnlich zugeführten Lettens, vollkommene Planirung des neu Aufgetragenen in nicht über 4 Zoll hohen Lagen, eine nach dem natürlichen Feuchtigkeitsgrade des hohen Lettens zu bemeſſende Uebernetzung von wenigſtens ¼ bis ½ Stunde vor der Verſtauchung, und beim Stauchen ſelbſt das Halten eines mäßigen Taktes ſämmtlicher Staucher. Es wurde auf dieſe Punkte von Seite der Bauleitung mit aller Sorgfalt geſehen. Für den gleichförmigen Takt beim Stauchen ſangen die Arbeiter (größtentheils aus weiblichen Individuen beſtehend) ihre bekannten Volkslieder, geriethen aber am Ende gewöhnlich in einen zu ſchnellen ermüdenden Takt.

Für dieſes Jahr wurde ein Leierkaſten und eine Trommel gebraucht, um beim Stauchen gleichen Takt zu halten, und man konnte ſich genau überzeugen, wie ſehr eine luſtige Polka die Arbeit förderte.

8. Verſchiedenartige Arbeiten. — Ueber die Nebenarbeiten bei dem k. k. Erzherzogl. Sophien-Teichbaue läßt ſich im Grunde wenig Erhebliches ſagen, weil dieſelben im Vergleiche mit der Hauptarbeit zu geringfügig ſind, und nur die Ausführung der Bruſtmauer an der Teichſeite des Dammes, dann die Herſtellung eines beſonderen Ueberfall-Schleuſengrabens im nordöſtlichen Gehänge außerhalb des Teichdammes ſtatt des bei Teichen gewöhnlich im Dammkörper an der Krone angebrachten Waſſerüberfallfluders, nebſt den Schlegelgruben und einer im tiefſten Thalpunkte unterhalb der Schlegelgrube beſonders aufgeführten Stützmauer verdienen noch einiger Erwähnung.

Aus der vorausgegangenen Terrainbeſchreibung und aus den angeführten nothwendig gewordenen Mehraushebungen kann erſehen werden, daß der im Baue befindliche Damm gerade an ſeiner tiefſten Sohle, wo der ſtärkſte Waſſerdruck ſtatthaben wird, die ſchlechteſte natürliche Grundlage hatte, weßhalb dieſem Uebel durch die Kunſt abgeholfen werden mußte.

Die Bruſtgrundmauer greift daher an der Stelle der unteren Röhrentouren auf 3.5° der Länge des Dammes und 4° der Breite nach auf 12½ Fuß unter das Niveau der Röhren in den Grund, und iſt in dieſen Dimenſionen mit prager Kalk (ein hydrauliſcher Kalk) ſenkrecht heraufgemauert, wie dies im Plane im mittlern Querſchnitt erſichtlich iſt.

Von der Sohle dieſer Mauer, die auf feſtem Grunde aufſitzt, ſetzt ſich um 1½ Fuß höher die Grundmauer der beiden Seitenflügel an, und zwar ſo, daß auf der nordöſtlichen Seite die Mauer mit 10½ Fuß Tiefe und 4° Breite anfängt, und auf 16.66° Länge mit 3.5° Breite und 6 Fuß unter dem Niveau zuläuft. Dieſe Mauer iſt aber nicht mehr von allen Seiten ſenkrecht aufgeführt, ſondern die Böſchung des Dammes iſt bis an die Sohle fortlaufend, ſo daß dieſelbe oben 4° im Horizont der Röhrentour, unten aber nur 1.66° breit iſt.

Dieſelben Dimenſionen gelten auf 10° dem Damme nach von dem ſüdweſtlichen Flügel. Von dieſen beiden Stellen laufen dann die Gründe der Bruſtmauer von 6 Fuß Tiefe bis zu 2 Fuß Tiefe an beiden Endpunkten des Dammes aus, und eben ſo verjüngt ſich auch die Breite der Gründe bis zu 2 Fuß.

Die ſämmtlichen Grundmauern, bis auf die erwähnten mittleren Theile, ſind trockene Mauerung aus möglichſt großen Bruchſteinen mit kleinerem Steingerölle ausgefüllt und bis auf die Höhe des natürlichen Tagterrains geführt. Noch unterhalb des natürlichen Terrains ſitzt die Mauer der Böſchung ſenkrecht auf die Böſchungslinie 3 Fuß breit an, um auf der Dammkronenhöhe mit 2 Fuß Dicke auszulaufen. — Es war zwar dieſe Mauer durchaus mit 2 Fuß gleicher Dicke angeordnet, wobei man durchaus 2 Fuß lange lagerhafte Steine

Digitized by Google

vorausſetzte; dieſe Dimenſion war aber für eine, wenn auch nicht ſenkrecht ſtehende, doch unter 87° geneigte Mauer von 17 Klaftern Länge (Höhe der Böſchung nach) etwas gar zu kühn, ja ſelbſt bei dem beſten Materiale widerſprach ſie den Principien der Stabilität. Der Bauleiter mußte ſich daher erlauben die Mauer unten wenigſtens mit 3 Fuß Dicke, und zwar um ſo unausweichlicher anzulegen, als man weder auf einen vortrefflichen Bauſtein noch auf beſondere Geſchicklichkeit der hieſigen Maurer zu rechnen Urſache hatte, und endlich eine kapriziöſe Auswahl dienlicher Steine und eine ängſtliche Sorgfalt bei der Aufmauerung die Sache in einem viel höheren Grade vertheuert hätte als die zugegebene Maßenſtärke. Es hat ſich dieſe Maßvermehrung auch bereits gerechtfertiget, da einige Theile der im vorigen Jahre ſchon aufgeführten Bruſtmauer an den tiefſten Stellen gegenwärtig mit den erſt im letzten Winter aufgefundenen vortrefflichen Bruchſteinen ausgewechſelt werden müſſen. Es iſt in dieſer Gegend überhaupt ſchwer, geſchickte und fleißige Maurer zu bekommen, ſo daß bei theurer Arbeit doch jene wünſchenswertheSolidität nicht erreicht werden kann, wie dies an vielen andern Orten ohne Mühe möglich iſt.

Die Mauerungen bei den Schlegelgruben gingen wegen Ungeſchicklichkeit der Arbeiter und da hierbei die genaueſte ſolideſte Arbeit geleiſtet werden mußte, auch ſo langſam vorwärts, daß dieſe Arbeiten der Bauunternehmung wenigſtens doppelt ſo viel koſten als man dafür wird geben können. Die Quaderſteinſtücke, mit den genauen Dimenſionen und Schablonen dem Steinmetz angegeben, mußten faſt durchgängig Stück für Stück am Bauplatze überarbeitet werden, ſo daß im Durchſchnitt der Kub. Fuß Quader bis zur Verwendung nahe auf 1 fl. kommt.

Der beſonders zu führen angeordnete Ueberfallſchleuſengraben iſt am nordöſtlichen Abhange durch das Gehänge, wie es im Plane erſichtlich, in einer Mittellänge von 60 Klaft. an der obern Seite im höchſten Punkte 11 Fuß, an der untern Seite 9 Fuß tief im ſteinigten Grunde ausgehoben; er iſt mit in Kalk gelegten Stützmauern und dem nöthigen Quadermauerwerk für die 4 Schleuſen verſehen. Es kömmt dabei für das nächſte Jahr noch die Belegung des Grundes vor und hinter den Schleuſen mit Quaderplatten und ein Steinverbau beim Abſturz des Waſſers aus dieſem Graben in den Wildbach auszuführen.

9. Stand des Baues mit Schluß des Baujahres Ende Oktober 1852. Es wurde die Fortſetzung des Baues für das laufende Jahr mit 29. April begonnen, und die Witterung ließ für die Stauchung an vollen Arbeitstagen zu: für April und Mai 21¼ Tag, Juni 18¼, Juli 23½, Auguſt 18, September 15½, Oktober 18¼ Tag, zuſammen 115 Arbeitstage. Für die übrigen von der Witterung nicht ſo abhängigen Arbeiten kann man um 20 Tage mehr rechnen.

Da im Durchſchnitt an Perſonale für Lettengewinnung, Zufuhr und Stauchung 1600 Menſchen beſchäftiget waren, ſo wurden für dieſe Arbeiten verwendet 184000 Schichten zu 12 Stunden, ſo daß im Einklang mit der obern Detailberechnung auf die Kub. Klafter fertige Arbeit 16 Schichten entfallen, da dieſes Jahr 11800 Kub.-Klafter verſtaucht wurden. Seit dem 28. Oktober iſt die Arbeit im Weſentlichen, die Stauchung gänzlich bis auf einige für die Einwinterung noch nöthigen Arbeiten eingeſtellt, da Regen, Fröſte, Nebel, ſeit dieſer Zeit abwechſelnd, nichts Solides mehr zulaſſen.

Der Damm iſt demnach bis Ende Oktober 1852 auf die Höhe der im Aufrißplane des Dammes erſichtlichen punktirten Linie gediehen. Nach dem am 18. Oktober vorgenommenen Nivellement ergibt ſich der für das künftige Baujahr noch bleibende Stauchkörper auf 5000 Kub.-Klaft., wovon 2000 Kub.-Klaft. auf Letten und 3000 Kub. Klaft. auf Umſturz entfallen.

Durch dieſe für das Jahr 1853 noch bleibende Arbeit läßt ſich die Vollendung der Hauptarbeiten bis Ende Juli 1853 mit Sicherheit in Vorausſicht ſtellen, ſo daß mit den nach Vollendung der Staucharbeiten noch übrig bleibenden Nebenbauten, als: einzelne Ausgleichungen des Terrains im Teichſpiegel, Aufſtellung der beiden Mönchhäuschen für die Schuberzüge der Röhrentouren, Einrichtung der Schuberzüge ſelbſt (welche ganz fertig ſind), Ausgleichung des Terrains unterhalb des Dammes, Vollendung des Ueberfallſchleuſengrabens, die Arbeit für die Waſſertheilung im Zuleitgraben und andere Kleinigkeiten das ganze Bauobjekt mit Ende Auguſt 1853 kollaudirt und der Benützung übergeben werden könnte. —

Ueber die Vollendung dieſes Baues, der mit einem Koſtenaufwande von beiläufig 500,000 fl. K. M ausgeführt wurde, werden wir in der Folge Bericht erſtatten.

Digitized by Google

Die Eiſenerzeugniſſe der Hütten de la Providence und das eiſerne Dach über den Magazinen dieſes Etabliſſements zu Paris.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 633).

Die ſeit längerer Zeit gemachten Verſuche das bei den Bauten verwendete Holz durch Gußeiſen und beſonders durch gewalztes Eiſen zu erſetzen, hatte das Beſtreben nach Fortſchritten in der Vervollkommnung der Fabrikazion des Eiſens bei allen Hüttenmännern angeeifert, und es haben ſich die günſtigſten Erfolge davon kund gegeben. Dennoch hatte die Darſtellung des Eiſens auf engliſche Art noch nicht jenen Grad der Vollendung erreicht, welcher die Subſtituzion deſſelben ſtatt des Holzes bei den Dachſtühlen der Gebäude mit Rückſicht auf die dabei wünſchenswerthe Sparſamkeit geſtattet. Die hauptſächlichſten Schwierigkeiten, welche ſich der Erreichung dieſes Zieles entgegenſtellten, beſtanden hauptſächlich in den verſchiedenen Graden der Widerſtandsfähigkeit des Eiſens und des Holzes. Es iſt bekannt, daß die vorübergehend von einem Würfel von Eichenholz oder einem Prisma deſſelben Materials getragene Laſt, wenn er ſenkrecht auf ſeine Fibern belaſtet iſt und ſich vor ſeinem Bruche nicht biegen konnte, $3^{Kil.}85$ bis $4^{Kil.}63$ pro □Millimeter beträgt, während dieſe Laſt bei einem ſchmiedeiſernen Würfel auf $49^{Kil.}$ pro □Millimeter berechnet wird, wenn er demſelben Drucke ausgeſetzt iſt; mit andern Worten, daß bei dieſen beiden Subſtanzen, wenn ſie unter den genannten Bedingungen geprobt werden, die Widerſtandsfähigkeit des Holzes in Vergleich zu dem des Eiſens in dem Verhältniß wie ungefähr 1 : 11 ſteht.

Auf der andern Seite geht aus den von Rondelet, Tredgold, Dupin, Navier u. A. mit prismatiſchen Körpern von Holz oder Eiſen, die mit ihren Enden auf Stützen gelegt und in der Mitte ihrer Länge belaſtet wurden, gemachten Proben hervor, daß die Elaſticität dieſer Körper bei dem Holz in dem Verhältniß wie 1 und bei dem Schmiedeiſen wie 20 ſteht, woraus folgt, daß die abſolute Feſtigkeit für einen eiſernen Würfel 11 mal und bei einem prismatiſchen horizontal gelegten Körper von derſelben Beſchaffenheit ungefähr 20mal derjenigen eines Würfels oder eines Eichenholzſtückes beträgt.

Nun iſt es begreiflich, daß es, wenn das in prismatiſche Stangen gewalzte Eiſen ohne Vermehrung der Koſten bei den Dachſtühlen unſerer Bauten das Holz erſetzen ſoll, erforderlich wäre, daß die Preiſe bei den Materialien unter ſich in denſelben Verhältniſſen ſtehen müßten als die reſp. Widerſtände derſelben. Dieſer Fall findet aber nicht ſtatt; da der durchſchnittliche Preis des Zimmerwerks von neuem Eichenholz, bearbeitet und gerichtet, gegenwärtig pro Stere ($32^{3}/_{10}$ preuß. Kubikf.) 110 Fr., der von geſchmiedetem Eiſen aber für Dächer und Fußböden durchſchnittlich 80 Fr. pro 100 Kilogramme oder 6230 Fr. 40 C. pro Kubikmeter beträgt, ſo ſieht man, daß die Preiſe dieſer beiden Arten von Arbeiten nicht mehr in dem Verhältniß wie 1 : 11 oder wie 1 : 20, ſondern wie 1 : 56 und 64 ſtehen, und daß es unter dieſen Bedingungen nicht ökonomiſch ſein kann, das Holz durch Eiſen zu erſetzen, das in prismatiſchen Stäben verwendet wird.

Bei dieſem Stand der Sachen waren es materielle Hinderniſſe, welche unüberwindlich erſcheinen mußten und es auch wirklich lange waren. Dieſe Hinderniſſe beſtehen heute nicht mehr. Da ſich die Anordnung der prismatiſchen Form der Wahl zwiſchen dem Holze und Eiſen widerſetzte, ſo hat man darauf verzichtet. Die Hüttenmeiſter, welche ſich anfänglich mit der Fabrikazion röhrenförmiger Eiſen abgaben, erfanden neue Kombinazionen, die man als die Vollkommenheit ſelbſt betrachten würde, wenn der Fortſchritt Grenzen kennte. So liefert jetzt die Hüttengeſellſchaft de la Providence dem Handel Winkeleiſen, Fenſterſproſſeneiſen, Eiſen mit kreuzförmigem Querſchnitt, halb ⊤ förmiges, ⊤ förmiges, doppelt ⊤ förmiges, dreifach ⊤ förmiges Eiſen u. ſ. w. bis zu 130 Sorten, welche alle in Form und Dimenſion verſchieden, alle mit ſo großer Sorgfalt gewalzt ſind, daß ihr Querſchnitt überall ſcharf und ihre Kanten ſo rein ſind wie auf dem Papier, welches dem Arbeiter als Modell diente. Es iſt dies ein großer Fortſchritt, deren Reſultate für die Oekonomie der Bauenden von unſchätzbarem Werthe ſind.

Von allen dieſen Eiſen ſind unſerer Meinung nach die vortheilhafteſten die doppelten und dreifachen ⊤ Eiſen, die man für Balken, Unterzüge, Riegel, Dach-

Digitized by Google

ſtuhlſäulen, Pfetten u. ſ. w., woraus man Fußböden und Dächer zuſammenſetzt, welche die Gebäude beinahe unbrennbar machen, benützt. Dieſe Eiſen, welche wir „kombinirte" nennen, gewähren bei ihren Querdurchſchnitten mehr Stabilität und Widerſtand für ein und daſſelbe Volumen, und ſind ökonomiſcher zu verwenden als die einfachen Stäbe mit rechtwinkligem Querſchnitt, auch ſind ſie billiger herzuſtellen als aus Holz, was durch ein einziges Beiſpiel bewieſen werden kann.

Nach Reynaud's vortrefflichem Werke „Traité d' architecture Theil 1, Seite 123 findet man, daß ein Stück Eichenholz von $6^{m}0$ Länge auf zwei Stützpunkten horizontal gelegt einen Durchſchnitt von 0,33 □ M. haben muß und in der Mitte ſeiner Länge eine Laſt von $2139^{Kil.}50$ zu tragen im Stande iſt; dagegen erſieht man aus den folgenden Tabellen, daß eine doppelt T förmige Stange Eiſen von $6^{m}0$ bei $0{,}16^{c}$ Höhe eben ſo gelegt als das Holz eine Laſt von $3000^{Kil.}$ tragen könnte, ohne daß der Krümmungspfeil der Biegung $0^{m}036$ überſtiege. Das Holzſtück würde, das Stere zu 95 Francs berechnet, 62 Fr. 07 Cent. koſten, während die $150^{Kil.}$ wiegende Eiſenſtange, den Kilom. zu 0,30 Cent. gerechnet, den Preis von 45 Fr. nicht überſteigen würde. Es werden alſo außer dem geringen Preis noch die Vortheile erreicht, daß das Eiſen bei bedeutend größerem Widerſtande anſtatt $0^{m}33$ Höhe eine Höhe von $0^{m}16$ hat.

In nachfolgender Tabelle ſind die Reſultate der zahlreichen Verſuche enthalten, die über die Widerſtandsfähigkeit der in Rede ſtehenden Eiſen gemacht wurden.

1. Tabelle.

Reſultate der Verſuche über die Widerſtandsfähigkeit des Eiſens von verſchiedenen Tragweiten und bei einer gegebenen Belaſtung.

Höhe der doppelten Stäbe.	Gewicht der Stäbe pro Meter.	Belaſtung in der Mitte der Länge der Stäbe.	Tragweite oder Entfernung der Stützpunkte.	Pfeil der Biegungskrümmung unter der Belaſtung.	Pfeil der Biegungskrümmung nach der Probe.
0^{m} 22	$25^{Kil.}$ 33	$1000^{Kil.}$	1^{m}	$2^{Millim.}$	—
0 22	25 33	1000	2	3	—
0 22	25 33	1000	3	4	—
0 22	25 33	1000	4	6	—
0 22	25 33	1000	5	8	—
0 22	25 33	1000	6	11	$1^{Millim.}$
0 22	25 33	1000	7	17	1
0 22	25 33	1000	8	23	2
0 22	25 33	1000	9	34	2
0 22	25 33	1000	10	46	2

Digitized by Google

2. Tabelle.

Erhaltene Reſultate als Widerſtände von Eiſen verſchiedener Tragweite und bei gegebener Belaſtung.

Gewicht und Dimenſionen der erprobten Stäbe.			Verſuche mit der Belaſtung in der Mitte der Stäbe.		Verſuche mit gleichmäßig vertheilter Belaſtung.	
Höhe der Stäbe.	Die Stäbe pro lauf. Meter.	Tragweite der Stäbe.	Gewicht der Belaſtung.	Krümmungspfeil der Biegung.	Gewicht der Belaſtung.	Krümmungspfeil der Biegung.
0m 12	15 Kil.	4m	3000 Kil.	21 Millim.	3000 Kil.	17 Millim.
0 12	15	6	2000	52	3000	48
0 12	15	8	2000	132	3000	134
0 12	15	10	1000	150	2000	202
0 14	20	4	3000	20	3000	12
0 14	20	6	3000	52½	3000	31
0 14	20	8	2000	92	3000	74
0 14	20	10	2000	182	3000	184
0 16	25	4	3000	8	7000	20
0 16	25	6	3000	36	7000	62
0 16	25	8	3000	83	6000	114
0 16	25	10	3000	198	4000	150
0 22	40	4	5000	12	7000	12½
0 22	40	6	5000	26	7000	28
0 22	40	8	4000	42	4000	32
0 22	58	7 50	—	—	10000	—

Bei dieſen Verſuchen waren die auf die Stützpunkte gelegten und nicht befeſtigten Balken gekuppelt und verbolzt, um der auf ſie zu legenden Belaſtung mehr Lager zu verſchaffen.

Die Geſellſchaft der Hütten de la Providence hat auf dem Quai Jemappes in Paris eine große Niederlage angelegt, in welcher fortwährend mehr als zwei Millionen Kil. ihrer Erzeugniſſe vorräthig ſind. Die für dieſen Zweck errichtete großartige Halle iſt von dem Architekten Herrn Leonide Marquet, deſſen Aufgabe es war die genannte Gewichtsanzahl ſyſtematiſch nach Längen und Sorten unterzubringen, dabei aber für die breiten Kommunikazionen behufs des Verkaufs und der Zufuhr Sorge zu tragen.

Die Länge des Gebäudes beträgt 53m 0, die Tiefe 30m außerhalb gemeſſen. Der Bau empfiehlt ſich durch ſeine Einfachheit, welche weit entfernt irgend einem Werke ſchädlich zu ſein, deſſen Werth noch mehr erhöht. Eilf Gebinde mit Einſchluß der zwei Giebelgebinde tragen ein großes Gerippe von Pfetten und Sparren, worauf die Blechbedeckung liegt. Jedes Gebinde beſteht aus zwei Hauptſtreben von doppeltem ⊤ Eiſen, die durch ein Syſtem von Zugbändern verbunden ſind, damit dem Ausweichen des Gebindes entgegengeſtrebt wird. Dieſe Zugbänder ſind mit den Hauptſtreben und der Firſtpfette durch zwei gußeiſerne Streben, die Hängeſtange und zwei Diagonalſtangen verbunden, durch welche Vereinigung alle Theile unter ſich zu einem feſten Ganzen geworden ſind und deſſen Stabilität geſichert iſt.

Die Hauptſtreben liegen unten auf den Seitenmauern oder vielmehr auf inneren Strebepfeilern von Bruchſteinmauerwerk, wo ſie in gußeiſernen Schuhen feſtſitzen; die Gebinde ſind übrigens vollkommen unabhängig von den gemauerten Stützpunkten; kein Zuganker, keine Klammer widerſetzt ſich der freien Ausdehnung des Metalles. Es iſt dieſem ganzen Dachſtuhl nur der Vorwurf zu machen, daß in den Elementen,

Digitized by Google

aus denen er beſteht, keine vollkommene Gleichartigkeit ſtattfindet. Es iſt z. B. zu bedauern, daß bei den Streben das Schmiedeiſen dem Gußeiſen nicht vorgezogen wurde, da deren Funkzion doch äußerſt wichtig iſt, und ſie bei vorkommender Gelegenheit einem Bruche die Elaſticität des geſchmiedeten Eiſens nicht entgegenſetzen können.

Nachſtehend folgt die Koſtenberechnung des Dachſtuhls und der Eindeckung desſelben.

Gebinde.

2 Hauptſtreben von doppeltem ⊤ Eiſen von 0,22 zuſammen 30m20 lang	794Kil.	00
5 Zug- und Diagonalbänder aus Rundeiſen von 0m040 zuſammen 40m20 . . .	400	00
2 Streben	140	00
2 gußeiſerne Schuhe	130	00
16 Bolzen von 0m040 mit Köpfen u. Muttern	36	00
8 flache ſchmiedeiſerne Bügel von 0m075 bei 0m015, und jeder 0m78 lang mit Verſtärkungen an den Enden . . .	56	00
2 Verbindungsplatten von 0m45 Länge bei 0m20 Breite und 0m014 Stärke am Zuſammenſtoß der beiden Hauptſtreben 4 desgl. von 0m40 Länge bei 0m24 Breite und derſelben Stärke zur Verbindung der Zugbänder und Streben	40	00
4 Platten zur Verbindung der Streben mit den Hauptſtreben, 1m0 lang, 0m18 breit und 0m011 ſtark . . . . . Zur Befeſtigung derſelben 20 Bolzen von 0m15 Durchmeſſer mit Köpfen und ſechsſeitigen Schraubenmuttern	80	00
zuſammen	1676,	00

Zwiſchengebinde.

16 Pfetten von doppeltem ⊤ Eiſen von 0m14, jedes 5m25 lang		
1 Firſtpfette von doppeltem ⊤ Eiſen von gleicher Länge und 0m16	1354,	00
Bolzen zur Verbindung der Platten mit den Hauptſtreben	29,	00
16 Sparren, jeder 15m60 in mehreren Theilen, doppelt ⊤ Eiſen von 0m05	1129,	00
zuſammen	2512,	00

Summa eines Zwiſchengebindes mit dem dazu gehörigen Hauptbinder . 4188, 00

2 ſolche Binder und Zwiſchengebinde wiegen 8376, 00

Detail eines Hauptbinders mit dem Oberlicht

Der Hauptbinder wie oben 1676Kil. 00

Zwiſchengebinde.

12 Pfetten aus doppelt ⊤ Eiſen von 0m14 und 5m25 Länge	1419,	00
4 Pfetten und die Dachpfette desgl. 0,16		
16 Sparren, jeder 11m85 in mehreren Theilen Eiſen desgl.	862,	50
15 gußeiſerne Säulchen	153,	00
5 ⊤ Eiſen, dem der Sparren ähnlich und 5m25 lang, befeſtigt in den Ständern und zur Aufnahme von Glasſproſſen beſtimmt	109,	50
24 eiſerne Glasſproſſen, jede 4m16 lang .	378,	50
Zum Tragen der Leitern 4 Stangen von Rundeiſen von 0m16 und jede 5m25 lang 1 Firſtpfette, beſtehend aus einem Winkeleiſen von gleicher Länge	60,	00
zuſammen	4658,	50

Sieben Hauptbinder und Zwiſchengebinde wiegen 32609, 50

Detail eines Hauptbinders und Zwiſchengebindes ohne Oberlicht.

18 Sparren von ⊤ Eiſen jeder 15m60 .	1270,	00
16 Pfetten und eine Firſtpfette jede 5m95 und aus doppeltem ⊤ Eiſen von 0m16.	1558,	00
zuſammen	2828,	00

Zubehör.

109 Meter Stangen von 0m014 mit Schraubenmuttern zur Verbindung der Binder unter ſich	129,	00

Blechbedeckung.

3 Gebinde ohne Laterne à 2151Kil. 60 . .	6454,	80
7 „ mit Laterne à 1638Kil. 70 .	11470,	90
2 Blecheinfaſſungen als Arbeitsrahmen . .	12,	30
zuſammen	18038,	00

Verglaſung.

7 verglaſte Zwiſchengebinde à 50 □ Meter Fläche, oder 350 □ Met. Glas, doppelt Gewicht	2310,	00

Digitized by Google

Totalgewicht des Daches mit Einſchluß der gußeiſernen Schuhe, jedoch mit Ausnahme der kleineren Waſſerrinnen 64290Kil.50
Für ungefähr 1585m50 Dachfläche, und 1501m50 horizontale bedeckte Fläche oder pro Meter Dachfläche ein durchſchnittliches Gewicht von 40Ki.50
Und pro Meter bedeckte Fläche . . . 42 80

Detail eines Gebindes und eines Zwiſchengebindes mit Einſchluß der Blechbedeckung.

Benennung der Arbeiten.	Flächenraum.	Totalgewicht.	Preis pro Kilogr.	Summa.	Werth pr. □ Meter.
Das Zwiſchengebinde von 5m25 bei 30m20	158 55	4188K0	0fr.60	2512fr.80	15fr.85
Blechbedeckung 5m25 × 30m20 . . .	158 55	2151 68	0 40	860 67	5 43
Arbeitslohn pro 158,55 □ Meter . . .	. .	. .	. .	269 53	
			Summa	3643 00	22 98

Detail eines Gebindes und eines Zwiſchengebindes mit dem Oberlicht und mit Einſchluß der Blechbedeckung und der Glaſerarbeit.

Benennung der Arbeiten.	Flächenraum.	Totalgewicht.	Preis per Kilogr.	Summa.	Werth pro □ Meter.
Das Zwiſchengebinde von 5m25 u. 30m20 .	158 55	4658K.50	0fr.60	2795fr.10	17fr.63
Blechbedeckung 5m25 bei 23m0 auf beiden Seiten	120 75	1638 70	0 40	665 48	
Arbeitslohn à 1m70 wie oben	. .	. .	. .	205 27	7 54
Verglaſung, 216 Scheiben von 54 × 43 = 50 □ Meter à 6fr.50	. .	. .	. .	325 00	
			Summa	3990 85	25 17

Detail eines Zwiſchengebindes ohne Hauptſtreben und ohne Oberlicht, mit Einſchluß der Blechbedeckung.

Benennung der Arbeiten.	Flächenraum.	Totalgewicht.	Preis per Kilogr.	Summa.	Werth pro □ Meter.
Zwiſchengebinde von 5m25 bei 30m20 . .	158 55	2828K.00	0fr.60	1696fr.80	10fr.70
Blechbedeckung mit Arbeitslohn desgl. . .	158 55	2151 68	0 40	1130 20	7 13
			Summa	2827 00	17 83

Digitized by Google

Bleiröhren und Wasserschlag von Gips für ein Zwischengebind.

Benennung der Arbeiten.	Flächenraum.	Totalgewicht.	Preis per Kilogr.	Summa.	Werth pro □Meter.
Die Bleirinnen, 1m 0 breit, 5m 25 lang, auf beiden Seiten	10 50	315k·00	66fr.	207fr·90	19 80
Der Wasserschlag von Gips und Schindelbrettern 0m 027, gleicher Flächenraum à 3fr.	10 50	. .	. .	31 50	3 00
			Summa	239 40	22 80

Rekapitulazion.

Aus der vorstehenden Rechnung geht hervor, daß ein eisernes Dach, wie das von der Hüttengesellschaft de la Providence ausgeführte, kosten würde:

Für 2 Gebinde mit Hauptbinder ohne Oberlicht à 3643,00 Fr. oder 22,98 Fr. pr. □Meter, folglich für 2 . . . . . 7286fr·00

Für 7 Gebinde mit Hauptbinder und Oberlicht à 3990fr·85 oder 25fr·17 pro □Meter, folglich für 7 . . . . . 27935 95

Für 1 Gebinde ohne Hauptbinder und ohne Oberlicht à 2827fr·00 oder 17fr·83 pr. □Meter . . . . . 2827 —

Für 10 doppelte Längengebinde oder 105 lauf. Meter Bleiröhre à 22fr·80 pro lauf. Meter . . . . . 2394 —

Summa 40442 95

oder pro □Meter Dachfläche 25 50

und pro □Meter horizontaler Fläche . . . 26 93

Es wurde dieses Dach von Sachverständigen in allen seinen Theilen sorgfältig untersucht, woraus man die Ueberzeugung gewann, daß es von dem Maschinenschlosser Kaulek ganz vorzüglich ausgeführt worden ist.

A. D.

Wohnhaus in Algier.

(Mit Zeichnungen auf Blatt **636** bis **642**).

Das auf den Blättern **636—642** dargestellte Wohnhaus steht in der Mitte der Stadt Algier gegenüber dem Gouvernementsgebäude, stammt nach mündlichen Nachrichten aus dem Anfange des vorigen Jahrhunderts als Eigenthum einer vornehmen Familie und ist jetzt Wohnung des Bischofs der Provinz Algerien.

Die Wohngebäude arabischen Ursprungs in Algier sind, was die Disposizion der inneren Räume anbelangt, alle ähnlich und bloß in der Größe der Räume und in Bezug auf Reichthum und Geschmack der Verzierung verschieden. Deshalb kann auch der vorliegende Plan als Typus für alle gelten.

Da die Stadt amphitheatralisch um einen ziemlich steilen Berg gebaut ist und der größte Theil der Straßen des arabischen Stadttheils eine große Steigung hat, so folgt daraus, daß (zwar nicht an dem in der Zeichnung vorliegenden Gebäude, so doch an den meisten übrigen) die nach unten gekehrte Seite des Hauses ein Stockwerk mehr hat, das entweder als Eingang und Besuchslokal verwendet ist, oder zu sonst einem untergeordneten Zwecke dient. Hinter diesem Raume, unter dem in der Mitte des Hauses befindlichen viereckigen Hofe, liegt eine überwölbte Cisterne, häufig in der ganzen Breite und Länge des Hofes, in welche von der Terrasse aus thönerne in die Ecken der Mauer eingemauerte Röhren das Regenwasser durch die Oeffnungen aa im Grundriß (Blatt **636**) in die Cisterne leiten.

Die Häuser haben nach der Straße zu außer dem Eingange keinerlei Architektur und höchstens manchmal eine sehr kleine fast unbemerkbare Fensteröffnung; der zweite Stock ist häufig über dem ersten vorgebaut,

Digitized by Google

eben so die Divans: erkerartige viereckige Ausbaue, entweder durch Konsolen aus überragenden Backsteinen, oder durch runde hölzerne Streben auf das untere Mauerwerk gestützt.

Um den viereckigen Hof in vorliegender Zeichnung läuft ringsum ein oft bloß ein-, größtentheils aber zweistöckiger Säulengang, bei sehr kleinen Häusern mit bloß vier Säulen in den vier Ecken, bei größeren bis zu zehn und mehr Säulen in einer Reihe. Hinter den Säulengängen befinden sich lange und schmale Säle, deren geringe Breite durch die Dimension des zur Bedeckung angewendeten Holzes bedingt ist. Dieselben haben in der Mitte der Umfassungsmauer kleine Ausbaue, Divans. In den Ecken des Planes befinden sich die Treppen, Küche und sonstigen Nebengelasse.

Das Mauerwerk selbst besteht meistens aus Backsteinen und Backsteinstücken ohne Verband, in starke Lagen von Mörtel aus Kalk und Lehm, oft auch bloß Lehm allein gelegt, so wie auch heute noch die französischen Architekten zu Fundamenten diesen Mörtel aus Kalk und Lehm in Algier anwenden.

Die Decken bestehen in gewöhnlichen Häusern aus runden ungehobelten 12—15 Centimeter im Durchmesser haltenden Prügeln aus inländischem Holze (rondins) von höchstens 3—3½ᵐ Länge in Zwischenräumen von ungefähr 20 Centimeter gelegt. Bei vornehmeren Wohnungen, wie in dem vorliegenden Hause, sind dieselben vierkantig gehobelt mit Fasen oder kleinen Profilen an den Kanten.

Diese Rondins tragen eine Brettervertäfelung, die zuerst durch eine Lage Backsteinstücken und dann eine Lage Lehm bedeckt ist, auf welche alsdann der Fliesenboden des oberen Stockes kommt. Bei den Terrassendecken ist die Lehmschicht bis 50 Centimeter stark, und werden alsdann zu verschiedenen Malen drei einen Centimeter dicke Schichten von Mörtel aus geschlemmtem Sand und magerm Kalk darüber gestrichen. Diese Mörtelschichten erhärten gut, bekommen aber Sprünge, welche durch das dort gebräuchliche sehr häufige Uebertünchen des ganzen Hauses und der Terrasse zugestrichen werden. Ueber der Terrasse treten alle unteren Wandungen hervor und theilen dieselbe in die den unteren Räumen entsprechenden Flächen ab, um das Wasser in die verschiedenen nach der Cisterne führenden Kanäle zu leiten.

Der in dem Blatte **636** mit A bezeichnete Eingang ist jetzt vermauert und dient diesem Raume als Hauskapelle des Bischofs, wogegen bei B ein neuer Eingang durch die Mauer gebrochen wurde. Uebrigens ist beim alten Eingang die Anordnung noch vollständig erhalten und folgendermaßen beschaffen.

Durch einen auf 2 Paar Säulen ruhenden Hufeisenspitzbogen tritt man in einen mittelgroßen viereckigen Raum. Der Boden ist mit sechseckigen Marmortafeln belegt, ringsum läuft ein Sockel von 0ᵐ85 Höhe. Darauf stehen kleine gewundene Doppelsäulen von weißem Marmor, welche Bögen tragen, ähnlich denen über der Wandvertiefung in Blatt **641**, und Nischen bilden, die als Sitze für die Besuchenden dienten. Der Sockel und die Wandfläche der Nischen sind mit Fliesen bekleidet. Das Ganze deckt ein Kreuzgewölbe, dessen Gräte durch in Gips gezogene Profile hervorgehoben sind. Bei andern Häusern dient dieser Raum bloß als offener Vorplatz und liegt hinter demselben eine größere Halle von mehreren solchen auf Doppelsäulen an den Wänden ruhenden Kreuzgewölben.

Im Hintergrunde gelangt man durch eine kleine halbversteckte Thür auf die Treppe und in den innern Hof. Die Treppe macht mehrere Windungen um einen starken massiven viereckigen Pfeiler, damit der Fremde nicht vom Vorplatz A aus ins Innere des Hauses sehen kann.

Die Stufen der Treppe sind von Marmor, die Wände auf die Höhe eines Meters mit Fliesen bekleidet. Der übrige Theil der Wand hat einen gewöhnlichen glatten Bewurf. Die Decke ist von Holz in einzelnen horizontalen Abtheilungen. Einzelne stärkere Hölzer an den Kanten dieser Abtheilungen sind durch geschnitzte Ornamente ausgezeichnet. Am Ende der Treppe C tritt man durch eine marmorne Rundbogenthür in die untere Säulengalerie des inneren Hofes.

Die Säulen und Kapitäle des Hofes und der Vorhalle so wie die Thürbögen der Treppen und der Fenstereinfassungen gegen den Hof sind von Marmor, wahrscheinlich durch italienische Arbeiter in schlechtem Renaissancestil ausgeführt; sie stören im Ganzen etwas den Eindruck der übrigen Architektur und sind ohne Kunstwerth.

Der Hof D ist durch zwei übereinander stehende Säulengänge von je 16 schlanken Säulen umschlossen, deren Kapitäle Blumen- und Fruchtguirlanden in italienischem Renaissancestil tragen; die Säulen des

Digitized by Google

Parterre sind in ihrer ganzen Höhe abwechselnd mit Wulst und Hohlkehle gewunden, im ersten Stock aber sind dieselben auf halbe Höhe achtkantig zum Anfügen der Balustrade. Diese Säulen tragen in beiden Etagen durch die Eleganz der Form ausgezeichnete über den Mittelpunkt der Kreise herab verlängerte unten eingezogene Spitzbogen von Backsteinen mit Mörtelüberzug. Ueber den Kapitälen tritt in beiden Etagen ein lisenenartiges vertikales Band aus den in Blatt 642 angegebenen farbigen Fliesen über den Mauergrund vor und trifft unter dem Hauptgesims mit einem ähnlichen breiteren Querfries zusammen. Diesen Querfries überdeckt im ersten Stock eine marmorne Verdachung, die im oberen Stocke noch durch eine Lage Hohlziegel geschützt ist.

Im Hofe und in den Treppen der einzelnen Gemächer sind die Wände vom Boden an auf verschiedene Höhen mit Fliesen in verschiedenen Zeichnungen bekleidet, die durch runde Leisten von Holz von der übrigen Wand abgeschieden sind.

Die Thüren sind von inländischem Holz und außer den Hauptumfassungsrahmen aus lauter kleinen Holzstücken in Rahmen und Füllungen zusammengesetzt und verschiedenfarbig weiß, sehr grell in roth, grün und gold bemalt. Der unter dem gezackten Rundbogen befindliche Theil der Thür bildet für sich eine eigene kleinere Thür.

Ueber den Thüren sind drei nebeneinander stehende und über den Fenstern je eine kleine rundbogige Oeffnung mit durchbrochenen arabischen Ornamenten von Gips, wahrscheinlich für den Luftzug der Gemächer, angelegt.

Die Fensteröffnungen gegen den Hof sind durch bronzene Gitter geschlossen, deren Stäbe gewunden sind, und an der Stelle der Kreuzung zweier Stäbe sind würfelartige Knäufe mit kleinen Rosetten (Blatt 639).

Die Säle im Parterre sind sehr einfach, oben an den Wänden mit einem kleinen Fries von Fliesen, die Hölzer an der Decke sichtbar.

Noch ist zu bemerken, daß der in Blatt 637 so sehr in die Augen springende Mangel an Symmetrie, der sich namentlich dadurch geltend macht, daß die Achse der Thüren und der Bögen der Säulenstellung nicht zusammenfallen, in der perspektivischen Ansicht ganz verschwindet und der Eindruck des Ganzen nicht im Geringsten darunter leidet.

Der Treppe gegenüber liegt die Küche, das Bad und im Entresol darüber sind Gemächer für die Dienerschaft des Hauses.

Das Bad und die Küche sind längst nicht mehr in ihrem ursprünglichen Zustande, und kann ich über die Einrichtung einer größeren Küche keine Nachrichten geben, da der Zutritt in vornehmere arabische Häuser nicht möglich ist und bei gewöhnlichen Familien häufig gar keine Küche vorhanden ist, sondern als solche irgend ein Winkel der Terrasse dient, und die meisten Speisen auf offener Kohlenschüssel gekocht werden.

Beim Austritt aus der zum ersten Stock führenden Treppe C tritt man unter eines der vier in den Ecken der Galerie befindlichen kleinen achteckigen Kuppelgewölbe. Die Flächen dieser Gewölbe sind durch blaue Linien in diagonal stehende Vierecke abgetheilt, die abwechselnd von gestochenen gipsernen Ornamenten und von Fliesen gebildet sind. Unter dem Gewölbe läuft ein Gesimse ringsum, an welches alsdann die mit Fliesen bekleideten dreieckigen Zwickel anschließen, die den Uebergang vom achteckigen Gewölbe zu dem von den untern Bögen gebildeten viereckigen Raum vermitteln.

Gegenüber der Treppe fällt dem im obern Stocke Eintretenden hauptsächlich die Vorhalle I. (Bl. 636 und Bl. 639) mit ihrer eleganten Bogenstellung und der reichen Verzierung der Wandflächen auf, und deutet demselben an, daß in dieser Gegend der reichste und wichtigste Theil der Wohnung zu suchen ist. Drei Säulen und zwei Halbsäulen von carrarischem Marmor mit gewundenen Schaften und einfachen ans Byzantinische erinnernden Kapitälen und Basen tragen vier Hufeisenspitzbogen.

Ueber den Säulen ist wie im Hofe ein vertikaler aus Fliesen gebildeten Fries, der oben an einen horizontalen Fries anschließt, und der selbst wieder durch ein Gesims mit starker Hohlkehle überdeckt ist.

Die durch die Bogenlinie und die beiden Friesgebildeten Dreiecke sind mit arabischem Ornament ausgefüllt. Diese Ornamente sind wie alle übrigen weiß ohne Farbenschmuck in Gips geformt und an Ort und Stelle nachgeschnitten. Der Grund ist theils mehr theils weniger auf ein bis drei Centimeter zurückgesetzt. Die Rückseite dieser Bogenstellung ist von der Vorderseite insofern verschieden, als dieselbe ganz durch Verzierungen bedeckt ist und keine Friese von Fayenceplatten über den Säulen stehen. Die Leibung der Bogen enthält eine Füllung von im Zickzack ausgeschnittenen dreikantigen

Digitized by Google

Prismen. Gegenüber hat die Eingangsthür in den Hauptsaal gleichfalls einen reich verziertem Bogen; über demselben in der Breite der Thür ist ein Fries, umgeben von einer Inschrift in kufischen Zeichen, wahrscheinlich ein Spruch aus dem Koran, den aber der Zeichner nicht entziffern konnte, sondern wie die sonstigen Inschriften so getreu als möglich nachgebildet hat. Auf den zu beiden Seiten der Thür befindlichen glatten Flächen waren oben und unten die hölzernen Thürangeln befestigt. Links und rechts davon über den niedern Fenstern so wie auf den beiden andern Wänden sind größere mit Ornamenten bedeckte Flächen, die viele Aehnlichkeit mit den Verzierungen der Wandflächen der Alhambra haben; über dem Ganzen läuft ringsum ein hauptsächlich durch Verflechtung von geraden Linien gebildeter Fries und über demselben ein zweiter gemalter Fries in italienischem Renaissancestil von einem fortlaufenden vergoldeten Laubgewinde auf rothem Grunde hin.

Blatt **640** ist ein theilweiser Längendurchschnitt durch den Saal M; die Wand ist rings auf die Höhe von 2m20 mit den in Blatt **642** a angegebenen Fliesen bekleidet. Gegenüber der Eingangsthür ist vor dem Divan ein reicher Bogen. Längs der Wände ist über einem durchlaufenden Friese eine kleine Bogenstellung auf Doppelsäulen, das Ganze in Gips gestochen, kaum 4 Centimeter über der Wandfläche erhaben. Die zwischen den Bogen und Säulen gebildeten Flächen sind mit verschiedenen Mustern von Verschlingungen bedeckt, von denen in Blatt **640** die interessanteren gegeben sind; im zweiten Bogen ist eine Luftöffnung in der Wand, die durch eine in Gips ausgeschnittene Vergitterung abgeschlossen ist. Ueber der Bogenstellung läuft ringsum eine arabische Inschrift, durch kleine Rosetten unterbrochen, auf welcher ein größerer Fries folgt. Den Anschluß an den Plafond bildet ein auf rothem Grund gemalter Fries von in türkischer Art gemalten Blumen ohne Kunstwerth.

Auf jeder Seite des großen mittleren Bogens ist ein kleiner Wandkasten, dessen Thüren aus kleinen Rahmstücken und Füllungen zusammengesetzt sind.

Die Rahmen sind roth mit darauf befindlichen etwas erhabenen goldenen Verzierungen. Die Kehlungen um die Füllungen sind vergoldet, der Grund in den kleinen quadratischen Füllungen ist roth, die darin befindlichen Rosetten sind gold, der Grund in den großen mittleren Füllungen schwarz, in den übrigen und an den großen oben und unten quer durchgehenden Füllungen grün, die Rauten roth. Die Chambranle sind gleichfalls in roth, gold und grün bemalt.

Der Eingangsthür gegenüber ist der Divan, der reichste am luxuriösesten ausgestattete Raum des Gebäudes mit einer auf quadratischer Grundfläche über 4 Bögen ruhenden achteckig gewölbten Kuppel. Drei von diesen Bögen sind durch eine dünne Mauer verschlossen und bilden dadurch Nischen für die Divans, der vierte Bogen ist der Eingang vom Saal unter die Kuppel. Die obigen 3 Wandungen sind in ihrem oberen Theile mit Ornamenten bedeckt und haben in der Mitte eine größere und 2 kleinere rundbogige Oeffnungen; die der mittleren Wand sind durch ein in Gips ausgeschnittenes Gitterwerk, die der beiden nebenan liegenden Wände mit mattem Glas und einer lichten Malerei darauf verschlossen; überdies ist auf den mittleren Fensteröffnungen der beiden Seitenwände eine Art Namenszug ausgeschnitten. In den zur Gewinnung der achteckigen Grundfläche der Kuppel nöthigen Zwickeln befinden sich medaillonartige kreisrunde Füllungen mit Laubverschlingungen.

Die 8 mit damastähnlichen Verzierungen bedeckten Flächen der Kuppel laufen im Scheitel zu einem originell ausgedachten achteckigen Stern zusammen, der im Blatt **641** im Grundplane zu sehen ist.

An beiden Enden der Säle M. O. P. und Q. sind durch die Bögen p. p. (Blatt **636**) kleine Räume abgetheilt, die vielleicht durch an den Bögen angebrachte Gardinen zu Schlafräumen abgetheilt wurden; hinter den Bögen sind nämlich beinahe gar keine Verzierungen mehr angebracht, und ist auch nur die der Mitte des Saales zugekehrte Fläche des Bogens verziert. Auf Blatt **641** ist die Ansicht eines solchen Bogens im großen Saale zu sehen. Der Bogen scheint ganz von Gips zu sein, vielleicht mit hölzernem Gerüste im Kern, und ist bloß 10 Centimeter dick. Ein Meter über dem Boden tritt eine kleine Konsole aus der Wandfläche hervor, die eine halbrunde Säule von Gips trägt, über der ein beinahe halb kreisrunder Bogen entspringt, bemerkenswerth hauptsächlich durch die von kleinen sechseckigen Sternen und Quadraten gebildete Verzierung der dreieckigen Füllungen über den Bögen. Hinter diesem Bogen erscheint noch eine Wandnische mit eigenthümlicher, übrigens weniger schönen Bekrönung. Diese Nische sammt der Bekrönung scheint auch neueren Ursprungs zu sein, da auch die Verzierungen weniger sorg-

Digitized by Google

fältig gearbeitet sind und die Erfindung weniger Talent verräth.

Blatt 641 ist ein theilweiser Durchschnitt durch den Saal O. An den, dem Eingang gegenüber befindlichen Bogen des Divans schließt eine Reihe quadratischer, Kreise umfassende Füllungen an, durch eine Luftöffnung a unterbrochen. Die Füllung b ist der Anschluß an den Querbogen p', wo der Baumeister, weil zu einem ganzen Quadrate der Raum zu klein war, sich auf diese Art zu helfen suchte; bekrönt ist diese Wandverzierung durch einen Fries mit darüber stehender Inschrift.

Die Wand des Divans enthält 3 oben in der Wand befindliche durch mattes Glas geschlossene Lichtöffnungen. Die Verzierung der Wand des Divans ist aus bienenzellenartig ineinander geschlungenen Sechsecken gebildet. Der oben und unten abschließende Bogen p' p' ist ähnlich wie in Blatt 640.

Im Saale P beschränken sich die Verzierungen auf den dem ähnlichen im Saale O entsprechenden Fries (Blatt 641) und einen dem Hauptbogen im Saal O gleichen Bogen über dem Divan. Die Wandverzierung des Divans ist die auf Blatt 641 angegebene.

Aehnlich ist der Saal Q ausgestattet.

Blatt 642 enthält den Plafond des großen Saales M. Ringsum läuft ein Fries von auf rothem Grund in türkischer Manier gemalter Blumenguirlanden, durch kleine goldene Perlen und Rosetten hervorgehoben. Um den mittleren großen Stern ist ebenfalls ein viereckiger Fries mit meergrünem Grund und darauf gemalten bunten Guirlanden und vergoldeten erhabenen Rosetten.

Die mit Verzierungen bedeckten Felder des Sterns haben weiße und rothe Zeichnung auf grünem Grund, alle übrigen Felder des Sterns rothen glatten Grund.

Aehnlich sind die Zwickel in den Ecken. Die dazwischen liegenden kleineren Sterne haben rothen Grund ohne sonstige gemalte Verzierungen, die Rosetten sind stark erhaben in Holz geschnitzt und vergoldet.

Die viereckigen Felder des übrigen Plafonds haben auf rothem Grund abwechselnd in Holz geschnittene fünfeckige vergoldete Rosetten und Sterne. Alle die Felder bildenden Stäbe sind halbrund und vergoldet.

Der nebenan stehende Thürklopfer und die Nagelköpfe der Eingangsthür sind in Messing sehr pünktlich und sauber ausgearbeitet. Die Nagelköpfe sind auf der ganzen Fläche der Thür in diagonaler Richtung vertheilt.

Die auf Blatt 642 gegebene Zeichnung der Balustrade des Säulenganges im ersten Stocke zeichnet sich durch die Feinheit der Gliederung namentlich an den gedrehten kleinen Säulen aus, und kann als Muster der in arabischen Wohnungen Algiers noch häufig vorkommenden ähnlichen Geländer gelten.

Von den in allen Räumen des Hauses die Wände auf Brüstungshöhe bekleidenden Fliesen sind auf Blatt 642 ebenfalls 3 Muster. Diese Fliesen sollen aus Persien kommen. Beim ersten sind die Konturen und der Grund chocoladebraun, die Ornamente darauf weiß ausgespart, der die mittlere Rose einfassende Ring blau.

Beim zweiten ist der Grund weiß, der mittlere Kreis blau mit gelbem Ring, die umgebenden Blätter sind meergrün, die nach den Ecken hervorwachsenden Blätter blau in dunkelblau schattirt, die Stiele meergrün, die in den Ecken befindlichen Blumen hellgelb in orange schattirt, eben so die in vertikaler Richtung auf der mittleren Rose aufsitzenden Blätter gelb, die auf diesen stehenden Blumen in der Mitte blau mit hellgelbem Ring und orangegelber gezackter Einfassung.

Beim dritten haben die in der Mitte befindlichen Blumen gräulichblauen Kern, blauen Ring und gelbe gezackte Einfassung, die dieselbe umstehenden Blumen sind abwechselnd braun und blau, die einfassenden Ringe gelb und blau, die Sterne gelb und graublau.

Dieses Gebäude liefert uns den Beweis, daß die Maurer der Nordküsten Afrikas bis auf neuere Zeiten noch in dem von ihren Vorfahren in der Alhambra auf die höchste Blüthe gebrachten Stil zu bauen gewohnt waren; die Zeichnung verräth zwar nicht dasselbe feine Gefühl, denselben Reichthum der Erfindung, dennoch findet sich Manches, das sich würdig an die Bauwerke der Araber in Spanien anreiht.

Die Farblosigkeit der Gipsornamente macht gegenüber der glühenden Farbenpracht der Alhambra und des Alcazars auf den Beschauer das Gefühl der Frische und Kühle, und gönnt im Kontrast mit den bunten Farben des darüber liegenden Plafonds und der Kleidung der Bewohner dem Auge Ruhe, ohne wie eine glatte Fläche den Eindruck der Eintönigkeit zu geben, sondern erscheint mit den zarten bläulichen Schatten wie ein aus Eiskrystallen gebildetes Spitzengewebe.

Erhard.

Digitized by Google

Die Widerſtandsfähigkeit der Baumaterialien *).

Vom General A. Morin.

Dritter Theil. Biegung.

(Mit 5 Quartblatt-Zeichnungen im Texte.)

Allgemeine Betrachtungen über die Widerſtandsfähigkeit der Körper, welche ſie in ſenkrechter Richtung auf ihre Länge biegen.

113. Ueber das Verhalten der Körper, welche der transverſalen Biegung unterworfen ſind. Wenn ein horizontal auf zwei Stützpunkte gelegter Körper ſich unter einer auf ſeine Mitte gelegte und ſenkrecht wirkende Laſt biegt, ſo wird ſeine untere Fläche konvex und ſeine obere Fläche konkav. Es iſt wichtig durch Verſuche zu beſtimmen, wie ſich die Molekülen oder die Längenfibern, welche ſie bilden, auf dieſen beiden Flächen verhalten, und zu ermitteln, ob die einen, die untern, ſich verlängern, und ob die andern, die obern, ſich komprimiren, ſo daß dieſe entgegengeſetzten Wirkungen von außen nach innen abnehmen und eine Schicht in dem Körper vorhanden ſein muß, deren Fibern ſich weder verlängern noch verkürzen und folglich eine unveränderliche Länge behalten.

Galilei nahm in ſeinem Verſuch einer Theorie der Widerſtandsfähigkeit der Körper gegen die Biegung an, daß ſich alle Fibern, von denen an der konkaven Seite angefangen, verlängern; eine Hypotheſe, welche auch von Mariette und Leibnitz angenommen wurde. Da die Erfahrung in ſolchen Dingen allein entſcheiden kann, ſo ſtellte Duhamel du Monceaux Verſuche an, die in den Memoiren der pariſer Akademie der Wiſſenſchaften für das Jahr 1767 enthalten ſind. Zu ihrer Ausführung wählte er die Weide, weil dieſes Holz eine gleichmäßigere Dichtigkeit hat als die Eiche und die Rüſter und weil die Jahresringe deutlicher an der Weide zu unterſcheiden ſind als bei den übrigen Hölzern; auch iſt es biegſamer ohne feſter zu ſein. Er ließ Stangen von jungen Bäumen ſchneiden, ſo daß der Kern des Baumes ſich im Centrum der Stangen befand, welche eine Länge von $0^m 975$ bei $0^m 040$ Querſchnitt hatten und auf $0^m 935$ voneinander entfernte Böcke gelegt wurden; in ihrer Mitte wurden ſie mit einem Gewicht belaſtet, das man allmählig vermehrte, bis der Bruch erfolgte. Eine erſte Abtheilung von 5 Stangen wurde ohne irgend eine Modifikazion der Probe unterworfen, um ihre abſolute Kraft zu ermitteln. Bei einer zweiten Abtheilung wurde in der Mitte der obern Fläche einer jeden Stange ein Querſchnitt mit einer Säge gemacht und derſelbe bis zu einem Drittheil der Stärke fortgeſetzt; zwei Stangen einer dritten Abtheilung wurden ebenfalls und zwar bis zur Hälfte, ſechs Stangen einer vierten Abtheilung aber bis drei Viertheile ihrer Stärke eingeſägt. In den Sägeſchnitt ſteckte man ein eichenes Brettchen, um den leeren Raum auszufüllen. Dieſe Stangen brachen unter folgenden Belaſtungen:

	Kil.
Ganze Stangen bei	256 91
Die auf $^1/_3$ eingeſchnittenen . .	269 71
Die zur Hälfte eingeſchnittenen	265 31
Die bis $^3/_4$ eingeſchnittenen .	259 76

Aus dieſen Verſuchen geht es deutlich hervor, daß die in die Stangen gemachten Sägeſchnitte dieſelben nicht ſchwächten, weil ſie die obern an der Fläche der Konkavität liegenden Fibern nicht verhinderten ſich gegen das Brettchen zu drücken, das die Fuge ausfüllte und eben ſolchen Widerſtand leiſteten, als ob ſie nicht geſchnitten worden wären. Es läßt ſich ſelbſt annehmen, daß das eichene Brettchen — härter als die Weide, die es erſetzte — dem Drucke der Fibern einen feſtern Stützpunkt bot und daher zur geringen Vermehrung der Widerſtandsfähigkeit der eingeſägten Stangen beitrug. Wie dem nun auch ſei, die Art und Weiſe des Verhaltens der Holzfibern bei der Biegung iſt durch dieſe Verſuche in ein klares Licht geſtellt worden.

*) Die erſte und zweite Abtheilung dieſer Abhandlung iſt im vorigen Jahrgange der Bauzeitung mitgetheilt worden.

Digitized by Google

Duhamel stellte auch ähnliche Versuche mit der nordischen Fichte und zwar mit Stangen von 0m975 Länge bei 0m034 Stärke und 0m016 Breite an, die auf dieselben Stützpunkte gelegt und in ihrer Mitte belastet wurden; die einen waren ganz und die andern an vier Stellen eingeschnitten und zwar resp. auf $^1/_3$, $^1/_2$ und $^2/_3$ ihrer Stärke. Er beobachtete bei den angegebenen Belastungen die folgenden Biegungen:

Bezeichnung der Piecen	Biegungen, korrespondirend den Belastungen von			Belastungen, welche den Bruch und die letzten Biegungen hervorbrachten	Durchschnittliche Bruchbelastungen
	24Kil.475	36Kil.712	73Kil.75		
	Millimeter	Millimeter	Millimeter	Kilogramme	Kilogramme
Ganze Stücke	13,54	21,46	58,65	73,75	70,65
	15,79	22,56	54,15	67,55	
Stücke, die an vier Stellen auf $^1/_3$ ihrer Stärke eingesägt waren	19,18	33,84	71,05	69,51	64,65
	19,18	30,61	68,79	65,59	
	23,10	37,35	66,55	58,86	
Stücke, die an vier Stellen auf $^1/_2$ ihrer Stärke eingesägt waren	19,74	31,02	66,55	77,66	71,62
	20,87	32,86	68,79	65,59	
Stücke, die an vier Stellen auf $^2/_3$ ihrer Stärke eingesägt waren	21,46	34,40	77,83	72,20	66,94
	18,05	33,84	82,34	61,68	

Diese Versuche beweisen, daß die Sägeschnitte die Biegungen der Stangen erleichterten, ohne jedoch ihre Widerstandsfähigkeit gegen den Bruch bedeutend zu vermindern. Es geht also daraus hervor, daß die an der konvexen Fläche der gebogenen Hölzer liegenden Fasern sich verlängern, während die an der konkaven Fläche liegenden sich komprimiren und verkürzen. Da übrigens die Verlängerung und die Verkürzung offenbar größer wird als die Fibern der äußern Flächen näher liegen, so müssen sie sich gegen das Innere vermindern, und es muß daher für jeden Theil eine Faserschicht geben, welche weder eine Verlängerung noch eine Verkürzung erleidet, und welcher man aus diesem Grunde die Benennung unveränderliche Faserschicht (neutrale Achsenschicht, neutrale Achse) gegeben hat.

114. Direkte Versuche, um den Druck und die Ausdehnung der Fibern gebogener Körper zu bestimmen. — Vor ganz kurzer Zeit ist im Conservatoire des arts et metiers in Paris ein Versuch gemacht worden, den Druck der an dem konkaven Theile der Körper liegenden Fibern und die Ausdehnung der an dem konvexen Theile liegenden Fibern auf eine unverwerfliche Art zu bestimmen. Es wurde nämlich ein 8Kil.900 schweres Stück Tannenholz von 0m0974 und 0m0973 in Quadrat bei 2m0 Länge horizontal auf zwei 1m803 voneinander entfernte Stützen gelegt. Ueber die Mitte desselben und senkrecht auf seine Länge legte man eine Rolle, an deren Achse eine Platte aufgehängt wurde, welche mit Einschluß eines hinzugefügten Gewichtes von 6Kil.910 und in Verbindung mit dem Eigengewicht des Körpers eine konstante Belastung von 50 Kilog. ausmachte. Auf die Platte legte man mit Vorsicht die abwechselnden Belastungen auf. In der Richtung der Länge der obern und untern Flächen hatte man auf jeder dieser Flächen eine kleine Rinne angebracht, in welche man bei sanfter Reibung zwei sehr dünne und etwas längere Holzstäbchen als die Holzstange eingeführt hatte, welche geschmiert waren, um sie beweglicher zu machen. Nachdem das Holz frei und ohne Belastung auf die Stützen gelegt war, markirte man durch feine Sägeschnitte die Hirnflächen des Holzes auf die Stäbchen, und alsdann wurden die Belastungen sanft auf die Platte gelegt. Nach Maßgabe als das Holz sich zu biegen begann, bemerkte man, daß die auf dem obern Stäbchen gemachten Zeichen mehr und mehr die Hirnflächen verließen, was offenbar den Beweis liefert, daß die obere Fläche des Körpers an Länge abnahm und sich folglich komprimirte. Gleichzeitig sah man die auf dem untern Stäbchen gemachten Zeichen von

Digitized by Google

den Enden des Holzes bedeckt, woraus ſich ergibt, daß ſich das letztere an der untern Fläche verlängerte oder ausdehnte. Die folgende Tabelle enthält die Reſultate der Beobachtungen:

Totale Belaſtungen	Biegungen gemeſſen nach 30 Minuten	Totale Kompreſſion der obern Fläche	Totale Ausdehnung der untern Fläche
Kilogramme	Meter		
200	0,00525	.	.
300	0,00820	.	.
400	0,01090	.	.
500	0,01310	.	.
600	0,01530	0,0017	0,00195

Aus dieſer Tabelle und aus der in Fig. 1 (Seite 207) dargeſtellten graphiſchen Darſtellung der Reſultate erſieht man, daß die Biegungen bis zur Belaſtung von 400 bis 500 Kil. den Belaſtungen augenſcheinlich proporzional ſind. Nun kann ein ſolches Holzſtück, um nicht Elaſticitätsveränderungen ausgeſetzt zu ſein, nach den ſpäter angegebenen Formeln nur eine permanente Belaſtung von beiläufig 205 Kilog. erleiden *). Folglich läßt ſich die Proporzionalität der Biegungen zu den Belaſtungen innerhalb der Grenzen der permanenten Belaſtungen, deren Anwendung dieſe Regeln geſtatten, als hinreichend genau betrachten.

Die Meſſung der Verkürzung der komprimirten Fibern ergab für die Belaſtung von 600 Kilogr. 0,0017
Die Meſſung der Verlängerung der ausgedehnten Fibern 0,00195
Durchſchnitt . 0,001825;

Größen, welche man als weſentlich gleich betrachten kann, da ſie nur um 0,25 Millim. differiren, was eine Länge iſt, die man bei den gewöhnlichen Meßwerkzeugen kaum ermitteln kann.

Es geht alſo aus dieſem Verſuche eine neue Beſtätigung der Verlängerung der Fibern jenes Theils des Körpers, welcher konver wird, ferner der Verkürzung oder der Kompreſſion derjenigen der konkaven Fläche, und endlich das Daſein einer unveränderlichen Fiberſchicht in der Richtung der Länge hervor.

115. Verſuche Dupin's. — Dieſer berühmte Geometer führte Verſuche in Rochefort aus, die in ſeiner Mecanique industrielle enthalten ſind und zu denſelben Folgerungen führten.

Ein Holz ABCD (Fig. 2) wurde auf zwei entgegengeſetzte 2m00 voneinander entfernte Stützpunkte gelegt. Eine gewiſſe Anzahl von geraden Linien 11, 22, 33, 44 . . ., ſenkrecht auf die parallelen Flächen AB und CD, wurden auf den ſenkrechten Seiten gezogen und dann wurde das Holz mit Gewichten belaſtet, die in der Mitte ſeiner Länge hingen. Das Holz bog ſich unter der Laſt, und als Dupin die Linien 11, 22, 33 u. ſ. w. prüfte, fand er, daß ſie nicht aufgehört hatten gerade und den beiden Flächen AB und CD des Körpers normal zu ſein. Es ging daraus hervor, daß alle im Anfang z. B. zwiſchen den beiden Profilen 11 und 22 enthaltenen Fibern während der Biegung enthalten blieben und daß ſie ſich nothwendig im Verhältniß ihrer Entfernung zu der Umdrehungsachſe jeder ihrer Ebenen 11, 22 verlängert oder verkürzt hatten. Da aber das Maß der obern und untern Flächen nicht angegeben worden, ſo lehrt dieſer Verſuch an ſich nicht, daß verkürzte Fibern da waren, vorausgeſetzt, daß die Linien 11, 22 auch ſenkrecht auf die Flächen AB und CD geblieben wären, wenn die Umdrehung um die obern Punkte 1 und 2 ſtattgefunden hätte. Demnach führt dieſer Verſuch, der ſich dem des Duhamel nähert, welcher die Thatſache der Kompreſſion beſtätigt, auf den Schluß, daß eine unveränderliche Fiberſchicht in dem Holze beſtehe.

116. Verſuche von Duleau. — Derſelbe führt in ſeinem Verſuch über die Widerſtandsfähigkeit des Schmiedeiſens folgenden Verſuch an:

„Ein Stück Quadrateiſen von 0m02 Seite wurde im kalten Zuſtande nach einem Kreisbogen gekrümmt, ſo daß die beiden Seitenflächen oben blieben, auf die man ſenkrechte Linien nach der Achſe des Eiſens in Entfernungen von 0m025 verzeichnet hatte. Man krümmte das Eiſen nach und nach dreimal, ſo daß bei einer Bogenlänge von 0m30 der Pfeil 0m022, 0m037 und 0m058 betrug. Die auf den ebenen Flächen bezeichneten Linien blieben gerade und ſenkrecht auf das Eiſen und die „Verlängerung des konvexen Theils fand ſich genau gleich der Verkürzung des konkaven Theils“

bei Pfeilen von .	0m022	0m037	0m058
Dieſe Verlängerung betrug			
bei 0m30 Länge . .	0, 005	0, 010	0, 0175
oder pro Meter . . .	0, 0167	0, 0333	0, 0583

*) Die Formel iſt $2P = 2\frac{100000 \times \overline{0,0974}^3}{0,9015} = 201$ Kil. 28.

Digitized by Google

„Dieser Versuch beweist, daß die Eisenfiber eine Verlängerung oder eine Verkürzung im Verhältniß zu ihrer Entfernung von der Mitte des Eisens erlitt, und folglich, daß dasselbe Gewicht, das auf eine Fiber parallel mit ihrer Länge wirkt, sei es um sie zu ziehen oder sie zu drücken, sie um dieselbe Größe verlängert oder verkürzt. Hier hatten die Fasern ihre elastische Kraft verloren; die Eigenschaft, welche sie zeigten, besteht also um so mehr, wenn die Wirkung, der sie ausgesetzt waren, diese Elasticität nicht zerstört hat."

Ohne aus diesem Versuche eben so absolute Schlüsse zu ziehen als der Autor, kann man doch wenigstens daraus die Folgerung ableiten, daß bei der Biegung der Körper eine Ausdehnung der Fibern, die an dem konveren Theile liegen, und ein Zusammendrücken derjenigen stattfindet, die an dem konkaven Theile befindlich sind, und daß nothwendiger Weise im Innern des Körpers eine Faserschicht von unveränderlicher Länge vorhanden ist.

117. Beobachtungen mehrerer Ingenieure. — Endlich haben die zahlreichen Beobachtungen von Fairbairn, Hodgkinson, Clark und andern Engländern bewiesen, daß sich bei der Biegung der Metalle ähnliche Wirkungen zeigen.

Hodgkinson hat die merkwürdige Art des Bruches der gußeisernen Stäbe angegeben. In dem Augenblick, in welchem sie unter der Belastung nachgeben, löste sich um die Mitte des konkaven Theils eine Art von krummlinigtem Keil (Fig. 3) davon ab, der manchmal über den Körper hinausgeworfen wurde. Seine Form und dieses Schleudern sind offenbar eine Wirkung des Druckes.

Bei den zahlreichen Versuchen mit Voll- oder Hohlbalken von Eisenblech hat man stets bemerkt, daß diese Körper durch Ausdehnung der Fibern des konveren Theils oder durch Kompression des konkaven Theils brachen, je nachdem die Form und die angenommen Verhältnisse die Widerstandsfähigkeit gegen den Druck über die Widerstandsfähigkeit gegen die Ausdehnung und umgekehrt überwiegend machen.

Daß also eine Faserschicht besteht, deren Länge sich nicht verändert, wenn ein Körper eine gewisse Biegung angenommen hat, ist durch alle angeführten Versuche hinreichend dargethan. Wo befindet sich aber diese Faserschicht in dem Querschnitt des Körpers, und ist ihre Lage für alle Biegungen beständig? Dies ist ein Gegenstand, den wir später behandeln wollen, wenn wir die Resultate der Versuche mit denen der Theorie vergleichen. Wir gehen indessen zu andern Beobachtungen über.

118. Versuche Dupin's. — In einem Memoire vom Jahre 1813 stellt Dupin die Resultate der Versuche und Untersuchungen dar, die er im Jahre 1811 in Kerkyra unternommen hatte, von welcher wichtigen Arbeit das Nachstehende eine gedrängte Uebersicht ist.

Die angewendeten Hölzer waren hauptsächlich Eichen, Cypressen, Buchen und Tannen in Form von Parallelepipeden von 2m0 Länge geschnitten, welche man auf Lager legte, über die sie wenig vorstanden. Sie wurden mit Gewichten belastet, die in der Mitte ihrer Länge angebracht waren.

Dupin nahm zuverderst wahr, daß bei übrigens gleichen Verhältnissen die Biegungen den Belastungen proporzional sind, was die folgenden Versuche beweisen, welche mit Hölzern von 2m0 Tragweite und 0m03 in □ ausgeführt wurden, die man in ihrer Mitte mit allmählig zunehmenden Gewichten belastete.

Holzgattung	Biegungen, hervorgebracht durch Lasten von							Verhältniß der Biegungen in Millimetern zu den Belastungen in Kilogr.	Specifisches Gewicht der angewendeten Hölzer
	4Kil.	8Kil.	12Kil.	16Kil.	20Kil.	24Kil.	28Kil.		
	Millimeter								
Eiche	5,8	11,2	17,1	22,6	28,2	34,9	40,6	1,450	0,7324
Cypresse	7,0	14,2	21,7	28,5	35,9	44,2	51,0	1,724	0,6640
Buche	8,4	16,9	25,9	34,5	43,4	54,0	63,5	2,170	0,6595
Nordische Tanne . . .	13,0	26,2	"	"	"	"	"	3,275	0,4428

Digitized by Google

Verſucht man dieſe Reſultate graphiſch darzuſtellen (Fig. 4), indem man die Belaſtungen als Abſciſſen in dem Maßſtabe von 2,50 Millim. pro Kilogr., und die Biegungen in halber Größe annimmt, ſo ſieht man, daß alle auf dieſe Art beſtimmten Punkte auf geraden Linien liegen, die durch den Anfangspunkt der Koordinaten gehen. Gleichwohl bemerkt man, daß über die Belaſtungen hinaus, welche Biegungen von 40 Millim. veranlaſſen können, die korreſpondirenden Punkte etwas über den geraden Linien liegen, und daß folglich die Biegungen dann ſtärker waren als die, welche die Proporzionalität der Biegungen zu den Laſten ergeben hätte.

Es iſt aber zu bemerken, daß eine Biegung von 40 Millim. auf 2m0 oder $^1/_{60}$ der Tragweite ſchon exceſſiv iſt und dasjenige überſchreitet, was man bei Bauten zugeben kann; bei einer Spannung von nur 5m0 würde dies Verhältniß einem Pfeil von 0m10 entſprechen, was beinahe in keinem Falle zuläſſig iſt. Nach dieſen Verſuchen iſt man in Uebereinſtimmung mit ihrem Autor zur Gutheißung jenes Geſetzes berechtigt, daß nämlich innerhalb der Grenzen, wo die Elaſtieität nicht verändert wird, und bei Biegungen, die man bei Bauten zugeben kann, *die Biegungen der auf zwei Stützpunkte gelegten Parallelepipeden den Belaſtungen proporzional ſind, die auf ihre Mitte wirken.*

119. *Vergleichung der Dichtigkeit der Hölzer zu ihrer Steifigkeit.* — Die Biegſamkeit der Hölzer iſt um ſo größer als die durch ein und daſſelbe Gewicht erzeugte Vergrößerung des Pfeils oder als das Verhältniß der ganzen Biegung zur Belaſtung, die ſie erzeugt hat, beträchtlicher iſt. Wenn man nun, um dieſes Verhältniß zu vergleichen, das durch die geometriſche Tangente der Neigung der Geraden in der vorhergehenden Figur gegeben und deſſen Werth in der neunten Kolonne der vorſtehenden Tabelle mit den vom Autor beſtimmten Dichtigkeiten verzeichnet iſt, die letztern als Abſciſſen und die Neigungen der Geraden der Biegungen als Ordinaten annimmt, ſo ſieht man, daß die alſo beſtimmten Punkte und beſonders die beiden äußern beinahe auf einer geraden Linie liegen, die in einer Entfernung vom Anfangspunkte läuft, welche gleich iſt der Einheit und von der Art, daß wenn man nennt

i die Neigungen oder das Verhältniß der Biegungen zu den Belaſtungen,

d die Dichtigkeit des Holzes oder das Gewicht des Kubikmeters in Kilogr.

man zwiſchen dieſen Größen als Verhältniß haben wird:

$$i = 5{,}877\,(1-d)\ \text{Millimeter};$$

ein Verhältniß, das übrigens nur mit Sicherheit auf die von Dupin verſuchten Hölzer angewendet werden kann, und das nach einem größern Maßſtabe verificirt werden müßte.

Wie dem nun auch ſein möge, ſo kann man mit jenem berühmten Ingenieur nichts deſto weniger daraus den Schluß ziehen, daß die Widerſtandsfähigkeit der Hölzer gegen die Biegung mit ihrer Dichtigkeit wächſt. Daraus wird die andere wichtige Folgerung abgeleitet, „daß von zwei Schiffen gleichen Ranges, deren Zimmerwerk gleiches Volumen hat, oder im Allgemeinen von zwei Zimmerwerken gleichen Volumens dasjenige, welches mit ſchwererem Holze gebaut iſt, einen geringern Bogen annehmen wird als das, welches von leichtem Holz gebaut worden.“ So müſſen die Schiffe der Oſtſee und Hollands, die aus nordiſchem Tannenholz gebaut ſind, einen größern Bogen annehmen als die des mittelländiſchen Meeres, und dieſe wiederum einen größern als die ſpaniſchen Schiffe, die von ſehr ſchwerem Holze aus der neuen Welt erbaut ſind, oder die engliſchen Schiffe, von denen ein Theil aus dem harten Holze erbaut wird, das man „Afrikan wood“ nennt. „Wenn man aber dagegen zwei Schiffe nach einem und demſelben Plane erbaut, ſo daß ihr Zimmerwerk indeſſen daſſelbe Gewicht hat, ſo wird man ſehen, daß das aus dem leichteſten Holze erbaute Schiff dasjenige ſein wird, deſſen Bogen im Gegentheil der geringere iſt und das die größte Feſtigkeit beſitzt.“

120. *Vergleich der Wirkung der gleichmäßig vertheilten Belaſtungen zu jenen Belaſtungen, welche in der Mitte zwiſchen beiden Stützpunkten wirken.* — Dupin hat es auch verſucht die Biegungen zu vergleichen, die unter den oben genannten Umſtänden erzeugt werden. Die Reſultate davon ſind in der nachſtehenden Tabelle angegeben, der noch das Gewicht hinzugefügt iſt, welches auf der Mitte der Hölzer angebracht dieſelbe Biegung erzeugt hätte als die gleichförmig vertheilte Belaſtung, um das Verhältniß der Belaſtungen, welche in den beiden Fällen eine identiſche Biegung erzeugen, direkt feſtzuſtellen.

Digitized by Google

Holzgattung	Dimenſionen		Belaſtung in der Mitte wirkend		Belaſtung gleichmäßig vertheilt		Belaſtung, welche in der Mitte aufgelegt dieſe Biegungen erzeugen würde	Verhältniß dieſer Belaſtungen
	ſenkrecht	wagerecht	Belaſtung	Biegung	Belaſtung	Biegung		
	Meter	Meter	Kilogr.	Millim.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	
Eiche, prismatiſch . . .	0,02	0,03	6 00	33,0	9,00	32,0	5,818	
	0,02	0,02	6,00	15,0	9,00	14,5	"	0,649
Eiche, cylindriſch . . .	Durchm. 0,02		1,90	48,0	3,00	48,0	1,900	0,633
	0,02		4,75	123,0	7,50	123,0	4,750	0,633

Nun wird man weiterhin ſehen, wie die Theorie beſtimmt, daß bei ein und derſelben Biegung die in der Mitte aufgelegten und die gleichmäßig vertheilten Laſten in dem Verhältniß von 5 zu 8 oder 0,625 ſtehen müſſen; wenn man bemerkt, daß die von Dupin angewendeten Belaſtungen nicht wirklich gleichmäßig, ſondern auf gleiche Entfernungen in gleichen Theilen vertheilt waren, ſo ſieht man, daß dieſe Verſuche eine Beſtätigung der Theorie liefern, welche für die Praxis ganz zureichend iſt.

121. Verhältniß der Biegungen zur Breite und Stärke der Hölzer. — Die Theorie, von welcher in der Folge die Rede ſein wird, führt zu dem Schluß, daß bei prismatiſchen Hölzern die Biegungen bei gleichen Spannungen im umgekehrten Verhältniß der Breiten und der Kuben der Stärken ſtehen, der Art, daß wenn man a die Breite und b die Stärke nennt, die Biegungen im umgekehrten Verhältniß des Produktes ab^3 ſich befinden. Biegt man hiernach dieſelbe Piece unter derſelben Belaſtung, indem man ſie (Fig. 5) zuerſt flach legt, ſo daß die Dimenſion a horizontal und b vertikal iſt, dann aufrecht ſtellt, ſo daß b horizontal und a vertikal wird, ſo müſſen die beobachteten Biegungen der Theorie gemäß in dem umgekehrten Verhältniß von ab^3 zu ba^3 oder in dem von a^2 zu b^2, d. h. in dem Verhältniß der Quadrate der Dimenſionen ſtehen, was durch die folgenden Verſuche von Dupin vollkommen beſtätigt wird:

Verſuche mit einem Tannenholz von 0^m03 bei 0^m02.

Belaſtungen	2 Kilogr.	4 Kilogr.	6 Kilogr.	8 Kilogr.	10 Kilogr.
	Millimeter	Millimeter	Millimeter	Millimeter	Millimeter
Biegungen flach	16	32	48	64	80
Biegungen hohe Kante	6,80	14	21,30	28,50	37,60
Verhältniß der Biegungen	2,36	2,28	2,25	2,24	2,13
Durchſchnitt dieſes Verhältniſſes			2,25.		

Da das Verhältniß der Quadrate der Dimenſionen wie 9 : 4 oder 2,25 iſt, ſo ſieht man, daß in den Reſultaten der Verſuche und den Lehren der Theorie eine beinahe vollkommene Uebereinſtimmung beſteht. Eine ähnliche Beſtätigung wurde mit einem andern von Holz von 0^m05 und 0^m02 in □ erhalten.

Aus dieſen Verſuchen geht alſo auch die Beſtätigung jenes Schluſſes der Theorie hervor, daß die Biegung im umgekehrten Verhältniſſe des Produktes der Breite a und des Kubus b^3 der Stärke der Hölzer ſteht.

122. Biegſamkeit der Hölzer nach Verhältniß der Entfernung der Stützpunkte. Dupin veränderte die Entfernungen der Stützpunkte, worauf die Hölzer gelegt waren (ohne indeß die Länge der letztern zu vermindern, welche etwas mehr als 2^m0 hatten), ſo daß bei allen Tragweiten unter 2^m0 ein Theil der Hölzer über die Stützpunkte vorragte, was dazu beitrug, die Wirkung der Belaſtung und folglich die Biegung zu vermindern. Es iſt leicht die Wirkung dieſer überſtehenden Theile in Rechnung zu bringen; doch hat dies ſo wenig Einfluß auf die Reſultate, daß wir davon füglich Umgang nehmen können. Die Reſultate der direkten Meſſungen ſind in der folgenden Tabelle verzeichnet.

Digitized by Google

Nordiſche Tanne. Prismatiſches Holz von 0m02 bei 0m05, belaſtet mit 10Ku. in der Mitte. Gewicht des Holzes 1Ku.104.

Entfernung der Stützpunkte in Metern	1,00	1,25	1,250	1,375	1,500	1,625	1,750	1,875	2,000
Biegung in Millimetern	10,00	15,5	21,9	28,7	36,7	47,0	58,0	70,0	84,0
Kuben der Tragweiten	1,000	1,424	1,953	2,600	3,375	4,291	5,359	6,591	8,000

Eichenholz. Stab von 0,02 bei 0,03 flach gelegt. Eigengewicht deſſelben 0Ku.94.

Entfernung der Stützpunkte in Metern	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50	1,60	1,70	1,80	1,90	2,00
Biegung in Millimetern	6,0	8,10	10,8	13,3	16,7	21,0	25,0	30,5	36,0	42,0	49,0
Kuben der Tragweiten	1,000	1,331	1,728	2,197	2,744	3,375	4,096	4,913	5,832	6,859	8,00

Wenn man nach irgend einem Maßſtab, wie es in Figur 6 für den Eichenſtab geſchehen iſt, die Kuben der Tragweiten als Abſciſſen und die Biegungen nach einem hinreichend großen Maßſtabe als Ordinaten nimmt, ſo findet man, daß alle auf dieſe Art beſtimmten Punkte in gerader Linie liegen, woraus man mit dem Autor und in Uebereinſtimmung mit der Theorie folgert, daß die Biegungen der in der Mitte belaſteten Prismen ſich untereinander verhalten wie die Kuben der Tragweiten.

123. Folgerungen aus dieſen Verſuchen. — Aus der vorſtehenden gedrängten Analyſe der ſchönen Verſuche Dupin's hat man nach und nach geſchloſſen, daß bei übrigens gleichen Verhältniſſen die Biegungen der auf zwei Stützpunkte gelegten und in der Mitte ihrer Länge belaſteten Hölzer

1. den Belaſtungen 2 P, die ſie tragen, proportional ſind;

2. im umgekehrten Verhältniß des Produktes der Breite a und des Kubus der Höhe b der Hölzer ſtehen;

3. dem Kubus der Tragweite 2 c proportional ſind, wenn c, wie überall in der Folge angenommen, die halbe Tragweite bezeichnet;

4. daß die durch eine gleichmäßig vertheilte Belaſtung hervorgebrachte Biegung $^5/_8$ derjenigen iſt, welche durch dieſelbe Belaſtung erzeugt wird, wenn ſie in der Mitte des Holzes liegt, oder, was auf daſſelbe hinaus geht, daß die erſte Laſt gleich iſt $^5/_8$ der zweiten.

Betrachtet man nun hiernach zwei prismatiſche Hölzer gleicher Gattung, die auf zwei Stützpunkte gelegt und in ihrer Mitte belaſtet ſind, und nennt man

1. f, a, b, 2 P und 2 c, die Biegung, die Breite, die Stärke, die Belaſtung und die Tragweite des erſten;

2. f′ a′ b′ 2 P′ und 2 c′ die analogen Größen für das zweite;

3. f, die Biegung eines Holzes, deſſen Querſchnitt und Tragweite dieſelben ſind wie bei den erſten, und deſſen Belaſtung = 2 P′;

4. f_2 die Biegung eines Holzes, deſſen Belaſtung 2 P′ und Tragweite 2 c dieſelben ſind als bei dem vorhergehenden, die Breite = a′ und die Höhe = b′;

ſo hat man nach den Verſuchsreſultaten:

$$f : f_1 :: P : P'$$

$$f_1 : f_2 :: \frac{1}{a b^3} : \frac{1}{a' b'^3}$$

$$f_2 : f' :: c^3 : c'^3,$$

woraus man, wenn Glied für Glied multiplicirt wird, erhält:

$$f : f' :: \frac{P c^3}{a b^3} : \frac{P' c'^3}{a' b'^3}$$

$$f = f' \cdot \frac{a' b'^3}{P' c'^3} : \frac{P c^3}{a b^3}$$

Wenn man alſo durch ſpecielle Verſuche mit einem rechtwinkligen Prisma von bekanntem Querſchnitt a′ und b′ und einer gegebenen Tragweite 2c′, das einer Belaſtung 2 P′ unterworfen iſt, die korreſpondirende Biegung f′ kennen gelernt hat, ſo ſieht man, daß, wenn der Faktor $f' \frac{a' b'^3}{P' c'^3}$ bekannt iſt, daraus die Biegung jedes andern prismatiſchen Körpers von gleichem Material abgeleitet werden kann, deſſen Querſchnitt, Tragweite und Belaſtung verſchieden ſind. So hat man z. B. für das von Dupin bei den im §. 122 berichteten Verſuchen verwendete Stück nordiſches Tannenholz

$$a' = 0^m02,\ b' = 0^m05,\ 2P' = 10^{Ku.},\ 2c' = 2^m00,\ f' = 0^m084.$$

Daraus leitet man ab:

$$f = \frac{P c^3}{23809523\ a b^3}$$

um die Biegung der Hölzer von gleicher Gattung und demſelben Zuſtande zu berechnen, wenn die Tragweite 2c und die Belaſtung in der Mitte 2 P iſt.

Digitized by Google

Theoretiſche Begriffe.

124. Allgemeine Betrachtungen über die Biegung, den Druck und den Bruch faſeriger Körper. — Bei dem Studium über die Widerſtandsfähigkeit der im Bauweſen verwendeten Materialien gegen Biegung und Bruch ſtützen wir uns hauptſächlich auf die Reſultate der Erfahrung und der Beobachtung, um daraus die Regeln abzuleiten, deren ſich der Praktiker mit Vertrauen und Sicherheit bedienen kann. Nichts deſto weniger aber iſt es zweckmäßig die ſich an den, größere oder kleinere Biegungen erleidenden Körpern zeigenden Erſcheinungen unmittelbar ſelbſt zu betrachten, um daraus, wenn es angeht, theoretiſche Regeln abzuleiten, deren Vergleichung mit den Reſultaten der Erfahrung es geſtattet die daraus zu ziehenden Folgerungen zu verallgemeinern und auszudehnen.

125. Von den Wirkungen, die ſich an den gebogenen, gedrückten oder gedrehten, faſerigen Körpern erzeugen. — Es ſei Fig. 7 ein faſeriger Körper, der von einer Anzahl äußerer Kräfte P, Q, R, S, T u. ſ. w. angegriffen wird, welche nach verſchiedenen Richtungen auf ihn wirken. Der Körper gibt zuerſt der Wirkung dieſer Kräfte nach, und ſofort entwickeln ſich die molekulären Reakzionen oder die Widerſtände der Fibern der Molekulen, aus denen er beſteht, indem ſie ſich durch Ausdehnung Druck oder Drehung verändern. Bald aber, wenn dieſe Veränderungen und die Kräfte, welche ſie erzeugen, die Grenzen nicht überſchreiten, bei welchen die Elaſticität verändert wird, hört die Bewegung auf und das Gleichgewicht ſtellt ſich zwiſchen den äußern Kräften und den molekulären Kräften her. Bei jedem Körper, der in dieſen Zuſtand gekommen iſt, beſteht das Gleichgewicht für alle Durchſchnitte, die man in dem Körper ziehen kann, abgeſondert, und man kann die Bedingungen dieſes Gleichgewichtes für jeden Durchſchnitt aufſuchen, wenn man den übrigen Theil des Körpers als ſolidificirt betrachtet. So müßte man für einen Querſchnitt JK die Bedingungen des Gleichgewichts zwiſchen den äußern Kräften Q und R, welche rechts auf dieſen Querſchnitt wirken, und den in dem Querſchnitt ſelbſt ſich entwickelten molekulären aufſuchen. Iſt dieſes Gleichgewicht für denjenigen Querſchnitt geſichert, in welchem die Wirkung der äußern Kräfte die größte iſt, ſo wird es um ſo viel mehr bei dem ganzen Körper der Fall ſein. Dieſer Querſchnitt iſt von Poncelet der „gefährliche Querſchnitt“ genannt worden, denn er iſt in der That derjenige, wo die Formentſtellungen die größten ſein müſſen, und bei welchem es von der größten Wichtigkeit iſt die letztern in paſſende Grenzen einzuſchließen. Dieſe Betrachtungen ſind allgemeiner Art und offenbar ſowohl auf die Wirkungen der Drehung wie auf die der Biegung und des Druckes anzuwenden.

126. Begriff über die Biegung und die Krümmung der Linien. — Zum beſſern Verſtändniß des nachfolgenden Vortrags möge hier an einige Begriffe über die Krümmung der Linien erinnert werden. Wenn man (Fig. 8) zwei nebeneinander liegende Elemente ac und cb einer Kurve betrachtet und auf ihre Mitte m und n zwei auf dieſe Elemente normale Linien mo und no zieht, ſo ſchneiden ſich dieſe Linien in einem Punkte o, welcher der Mittelpunkt des Kreiſes iſt, der durch die Punkte ab und c geht und welcher an der Kleinheitsgrenze der Elemente mit der Kurve zuſammenfällt. Dieſer Kreis heißt der Krümmungskreis der Kurve, und die gleichen Linien mo und no ſind die Krümmungsradien, die wir mit r bezeichnen. Wird der von den nebeneinander liegenden Normalen eingeſchloſſene Winkel oder der mit der Entfernungseinheit, die ihn mißt, beſchriebene Bogen mit e bezeichnet, ſo erhält der Elementarbogen s der Kurve den Ausdruck $s = re$, woraus $r = \frac{s}{e}$ und $e = \frac{s}{r}$. Da die Krümmung der Kurve übrigens um ſo größer, rapider, wird als der Halbmeſſer r kleiner iſt, ſo wird ſie durch das Verhältniß $\frac{1}{r} = \frac{e}{s}$ ausgedrückt, und man bemerkt, daß der Winkel e der Normalen mo und no gleich demjenigen iſt, den die Tangenten der Krümmung in m und n oder die Verlängerungen der Elemente ac und cb bilden. Dieſen Winkel nennt man den Berührungswinkel. Unter Vorausſetzung des Vorhergehenden und ohne über dieſen Gegenſtand in weitere Details einzugehen, die hier nicht an ihrem Platze wären, gehen wir nun zur Unterſuchung des Vorganges beim Biegen der Körper über.

127. Hypotheſe des Galilei über die Art der Widerſtandsfähigkeit der Materialien gegen den Bruch. — Dem berühmten Galilei verdankt man die erſten wiſſenſchaftlichen Unterſuchungen über die Art und Weiſe, wie die Körper den Kräften widerſtehen, denen ſie bei Bauten ausgeſetzt ſind; ſie wurden in ſeinem im Jahre 1638 publicirten

Digitized by Google

Dialogen entwickelt. Galilei betrachtete die Körper als aus kleinen übereinander gefügten Fibern bestehend und nahm den totalen Widerstand proporzional zu dem Flächeninhalt des Querschnittes und unabhängig von dem Grade der Ausdehnung an, die sie vor dem Brechen einnahmen; eine Hypothese, welche, wie wir später sehen werden, mit der Natur nicht übereinstimmend ist. Er nahm ferner an, daß in irgend einem Querschnitt die Achse, um welche die Umdrehung im Augenblick der Biegung oder des Bruches stattfindet, an dem untern Theile des Querschnittes befindlich sei, so daß sich alle Fasern des Körpers beinahe proporzional zu ihrer Entfernung von der untern Fläche verlängern.

Wenn man dieser Hypothese zufolge einen prismatischen Körper von rechteckigem Durchschnitt betrachtet (Fig. 9) und mit E die Widerstandsfähigkeit pro Flächeneinheit bezeichnet, so ist das Widerstandsvermögen eines Abschnitts von der Elementarfläche s, der in der Entfernung v von der Rotazionsachse m n läge, E s, und das Moment dieses Widerstandes in Bezug auf m n ist gleich E s v oder gleich dem Produkt der konstanten Zahl E durch das Moment dieses Elementarabschnitts im Verhältniß zum Durchschnitt m n der unteren Schicht; mithin ist das Totalmoment oder die Summe aller solcher Momente gleich dem Produkt der Totalfläche A des Durchschnitts durch den Widerstand E pro Flächeneinheit und durch die Entfernung ihres Schwerpunktes von der Achse m n, da der Schwerpunkt der Angriffspunkt der Resultante aller gleichen Kräfte ist, die die verschiedenen Elementarflächen drücken, deren Summe die Totalfläche bildet. Bei einem Prisma von rechteckigem Durchschnitt, dessen Breite a und dessen Höhe b ist, wäre $A = ab$, die Entfernung des Schwerpunktes von der Achse m n wäre $\frac{b}{2}$ und die Summe der Widerstandsmomente der Fasern wäre nach Galilei's Hypothese

$$E \,.\, ab \times \frac{b}{2} = E \,.\, \frac{ab^2}{2}.$$

Damit ferner zwischen den äußeren Kräften und dem betrachteten Durchschnitt ein Gleichgewicht bestehe, müßte also die Summe der Momente dieser Kräfte und die der Molekular-Widerstände im Verhältniß zur Achse m n gleich sein; würde man also die Summe dieser Momente mit M bezeichnen, so müßte man haben

$$M = E \,.\, \frac{ab^2}{2}.$$

128. Hypotheſen von Mariotte und Leibnitz. — Mariotte, welcher ſich mit der Galilei'ſchen Theorie beſchäftigte und ihre Reſultate zu beſtätigen ſuchte, fand dieſe mit der Erfahrung nicht übereinſtimmend und gelangte endlich zu der Anſicht, daß die Körper aus extenſiblen Fibern zuſammengeſetzt ſind, welche ihrer Verlängerung proporzional der Extenſion widerſtehen. Dieſe Annahme, auf welche ſchon früher der berühmte engliche Geometer Hooke, welcher um das Jahr 1670 lebte, gekommen war, lag der Wahrheit ſchon näher. Mariotte verfolgte ſeine Theorie bis zum Augenblick des Bruches, der, wie man weiß, erſt dann entſteht, wenn die Elaſticität verändert worden iſt und folglich nachdem die Verlängerungen aufgehört haben den Kräften proporzional zu ſein.

Leibnitz, auf die Hypotheſe Hooke's fußend, nahm ebenfalls an, daß die von der Biegung erzeugte Rotazion um eine in dem unteren Theil des Körpers liegende Achſe ſtattfinde, und gelangte zu einer Formel, die mit den Erfahrungsreſultaten beſſer übereinſtimmt.

Prüft man von dieſer Hypotheſe ausgehend (Fig. 10) den Vorgang in einem Elementarabſchnitt, der zwiſchen zwei zu ſeiner Länge ſenkrechten und unendlich nahen Ebenen liegt, und betrachtet man insbeſondere eine Elementarfaſer m n, die in der Entfernung v von der unteren Kante c des Durchſchnitts liegt, zieht man ferner c p parallel m m', ſo ſieht man in der That, daß dieſe Faſer m n, die urſprünglich eine Länge gleich m'c hatte, eine Verlängerung p n erfahren hat, und daß ſich nach §. 126 verhält

p n : m'c = c n oder v : m' o oder r; woraus $\frac{pn}{m'c} = \frac{v}{r}$.

Nun iſt aber das Verhältniß $\frac{pn}{m'c}$ daſſelbe, welches wir oben (§. 5) die Proporzionalverlängerung i genannt haben, und ſo lange die Grenze i', welche der Grenze der unveränderten Elaſticität entſpricht, nicht überſchritten wird, ſo lange iſt der Widerſtand der Faſer dem Elaſticitätskoefficienten E, dem Flächenraum des Querdurchſchnitts a der Faſer, und der verhältnißmäßigen Verlängerung i proporzional. Mithin hat dieſer Widerſtand zum Werth

$$Eai = Ea\frac{v}{r},$$

und ſein Moment im Verhältniß zur Rotazionsachſe des Durchſchnitts, die der Vorausſetzung nach in c liegt, iſt

$$E\,a\,\frac{v}{r} \,.\, v = E\frac{a}{r}v^2 = \frac{E}{r} \times a v^2;$$

Digitized by Google

d. h. gleich dem Produkt des Quotienten $\frac{E}{r}$ des Elaſtizitätskoefficienten, getheilt durch den Krümmungsradius, und des Trägheitsmoments des Querdurchſchnitts der Elementarfaſer, die man im Verhältniß zur unteren Kante c des Durchſchnitts des Körpers betrachtet.

Die Summe aller dieſer Momente oder das Totalmoment des Widerſtandes der Faſern des Durchſchnitts wäre ſomit

$$\frac{E}{r}(a v^2 + a' v'^2 + \text{ꝛc. } \ldots) = \frac{E J}{r};$$

$a v^2 + a' v'^2 + $ ꝛc. iſt das Trägheitsmoment des Durchſchnitts im Verhältniß zur unteren Rotazionsachſe, welches Moment wir mit J bezeichnen wollen.

Nach dieſer Theorie mußte zwiſchen dieſer Summe der Momente der molekulären Kräfte und zwiſchen der Summe M der äußeren Kraftmomente das Verhältniß beſtehen $M = \frac{E J}{r}$;

aber die Hypotheſe der Rotazion um die untere Linie des Querdurchſchnitts ſtimmt mit der Beobachtung nicht überein, wie die in §. 113 bis 120 mitgetheilten Verſuche gezeigt haben; wohl iſt aber das Daſein einer Faſerſchichte, welche bei jeder Gleichgewichtsſtellung weder verlängert noch verkürzt wird, durch die Erfahrung bewieſen.

129. Theorie des Widerſtandes faſriger Körper gegen die quere Biegung. — Die jetzige Theorie des Widerſtandes der Körper gegen die Biegung beruht auf der Annahme einer neutralen Faſerſchichte im Innern der Körper, welche als aus parallelen Faſern zuſammengeſetzt betrachtet werden. Da die Rotazion, welche ſich in jedem Durchſchnitt bildet, für jeden derſelben in der Linie ſtattfindet, die in dieſer neutralen Faſerſchichte liegt, ſo folgt daraus, daß Verlängerung und Verkürzung der nach außen von dieſer Schichte liegenden Faſern dem Abſtand derſelben von dieſer Schichte proporzional iſt.

Wir wollen jetzt mit Hilfe dieſer Betrachtung (Fig. 11.) den Vorgang zwiſchen zwei Durchſchnitten unterſuchen, die einander unendlich nahe und ſenkrecht zur Länge eines gebogenen fibröſen Körpers ſind; dieſer Körper ſoll mit einem Ende eingelaſſen und mit dem anderen der Wirkung einer äußeren Kraft P unterworfen ſein, welche in der mittleren vertikalen Ebene, die ihn der Länge nach in zwei gleiche Theile theilen würde, ſenkrecht auf ſeine Länge drückt. J K und i k ſeien die Durchſchnitte, deren Ebenen, ſenkrecht auf die mittlere Ebene des Körpers verlängert, ſich in o ſchneiden. Da bei der Biegung der Körper die Durchſchnitte J K und i k ſenkrecht zur neutralen Achſe bleiben, ſo iſt o der Krümmungsmittelpunkt dieſer Achſe, und nach §. 126 iſt $co = r$ und $Cc = s$.

Zieht man durch den Punkt c eine Linie c J' parallel zur Linie C J, ſo muß ſich offenbar jede Faſer m n, die vor der Biegung eine Länge $Cc = mp$ hatte, um die Größe p n, die ihrem Abſtand p c von der neutralen Achſe C c proporzional iſt, verlängert haben. Aus den ähnlichen Dreiecken C o c und p c n der Figur geht hervor, daß ſich verhält $pn : cn = s : r$; folglich iſt $pn = \frac{s}{r} \times cn = \frac{s}{r} v$, wo mit v die Ordinate des Punktes n oder ſein Abſtand von der neutralen Achſe bezeichnet iſt, und die relative Verlängerung dieſer Faſer oder ihre Verlängerung pro Längeneinheit gibt das Verhältniß:

$$\frac{pn}{mp} = \frac{pn}{Cc} = \frac{cn}{co} = \frac{v}{r} = i.$$

Nennt man nun aber a den Elementarflächenraum des Durchſchnitts dieſer Faſer, ſo weiß man aus dem Vorhergehenden, daß ſein Widerſtand gegen die Verlängerung, den wir mit p bezeichnen wollen, ausgedrückt wird durch $p = E a i = E a \frac{v}{r} = \frac{E}{r} \times a v$.

Bleibt die Kraft, die den Körper zu biegen ſucht, ſenkrecht zu deſſen Länge, und ſind die Biegungen ſehr klein, wie dieſes bei Bauten ſtets der Fall ſein ſoll, ſo iſt die Komponente dieſer Kraft, perpendikulär zu irgend einem der ſenkrechten Durchſchnitte, Null oder unendlich klein und kann ſomit überſehen werden; folglich iſt die äußere Kraft, welche eine Verlängerung anſtreben würde, ebenfalls Null oder unendlich klein. Es gibt alſo keine Uebertragung, und die molekulären Kräfte müſſen ſich in Bezug auf die Uebertragung das Gleichgewicht halten. Sind nun aber die molekulären Widerſtände der Faſern alle ſenkrecht zu dieſem Durchſchnitt, ſo müſſen die Widerſtände gegen die Extenſion der auf der einen Seite der neutralen Achſenfläche liegenden Faſern in Betreff der Verlängerung den Widerſtänden gegen die Kompreſſion der auf der andern Seite liegenden geradezu das Gleichgewicht halten, und da alle dieſe Kräfte parallel ſind, ſo muß ihre Summe gleich Null ſein. Dies iſt das erſte Gleichgewichtsverhältniß in dieſem Durchſchnitt.

Digitized by Google

Erinnert man ſich, daß eine jede dieſer Kräfte ausgedrückt wird durch

$$p = \frac{E}{r} av,$$

und daß der Faktor $\frac{E}{r}$ für alle Faſern derſelbe iſt, ſo iſt die Summe der analogen Kräfte für alle Faſern a, a', a'', die in den Entfernungen v, v', v'' u. ſ. w. liegen, gleich Null oder

$$\frac{E}{r}(av + a'v' + a''v'' + \ldots \text{ ꝛc.}) = 0.$$

130. Die neutrale Achſe geht durch den Schwerpunkt des Querdurchſchnitts. — Daß dieſe Summe Null iſt, heißt offenbar ſo viel als: die Summe der Momente der Durchſchnitte jeder Faſer im Verhältniß zur neutralen Achſe muß Null ſein. Nach dem bekannten Theorem der Momente läßt ſich dies auch durch die Worte ausdrücken: dieſe neutrale Achſe geht durch den Schwerpunkt des Durchſchnitts. Nun kann man aber ſowohl durch die direkten geometriſchen Methoden als durch die Methode Simpſon's den Schwerpunkt einer ebenen Fläche beſtimmen, folglich können wir immer, welche Geſtalt der Querſchnitt des fraglichen Körpers auch haben mag, die zur Richtung der Reſultante der äußeren Kräfte ſenkrechte Linie beſtimmen, welche die unveränderliche Schichte enthält.

131. Bemerkungen über Extenſion und Kompreſſion der Faſern. — Wir haben angenommen, daß der Faktor $\frac{E}{r}$ für alle Faſern konſtant iſt, mögen ſie nun komprimirt oder verlängert ſein, das heißt: die Werthe der Zahl $\frac{P}{i} = E$ (§. 5) oder das Verhältniß der in die Länge ziehenden Kräfte zu den von ihnen bewirkten Verlängerungen i pro laufenden Meter iſt daſſelbe wie das Verhältniß der nämlichen Kraft zu der proporzionalen Verkürzung, welche dieſe Kraft bewirken würde, wenn ſie den Körper komprimirte. Kurz man kann annehmen, daß innerhalb der Grenzen von Verlängerung und Verkürzung, wo die Elaſticität nicht verändert wird, der Widerſtand gegen die Ausdehnung derſelbe iſt wie der Widerſtand gegen die Kompreſſion für eine und dieſelbe Längenveränderung. Dieſe Hypotheſe aber, für das Holz und die fibröſen Körper vielleicht hinlänglich genau, iſt wahrſcheinlich für die körnigen Körper, wie die Metalle, nicht eben ſo genau.

Aus den §. 91 und 92 indeſſen hat man gelernt, daß bei dem Gußeiſen insbeſonders, inſofern es ſich nur um ſchwache Extenſionen und Kompreſſionen handelt, das Verhältniß der Belaſtungen zu den proporzionalen Verlängerungen und Verkürzungen konſtant und in beiden Fällen beinahe daſſelbe iſt; mithin kann hier innerhalb dieſer Grenzen die vorſtehende Theorie in Kraft treten. Ein weiterer Beweis a posteriori dafür, daß ſich bei den Biegungen, welche die Praxis bei Bauten geſtattet, die Widerſtände gegen Extenſion und gegen Kompreſſion als gleich annehmen laſſen, liegt in dem Umſtand, daß die Werthe der Elaſticitätskoefficienten der am häufigſten angewendeten Materialien, wie ſie ſich aus den Verſuchen über die Biegung der Körper ergeben, bei der auf die vorſtehenden Betrachtungen baſirten Berechnung faſt dieſelben ſind wie die aus den Verſuchen über die direkte Verlängerung abgeleiteten. Wir werden im Folgenden darauf zurückkommen.

132. Allgemeines Gleichgewichtsverhältniß zwiſchen äußeren und molekulären Kräften. — Betrachten wir einen Körper von jeder beliebigen Geſtalt, der mit einem Ende eingelaſſen und den äußeren Kräften P, Q, R u ſ. w. (Fig. 11) unterworfen iſt, nehmen wir ferner irgend einen ſeiner Durchſchnitte JK, wenn der Körper das Gleichgewicht erreicht hat (wo die allgemeine Biegung und folglich auch die Rotazion der Elementarfaſern des Durchſchnitts JK um die neutrale Achſe aufgehört), ſo muß die Summe der Momente der molekulären Widerſtände der Faſern (alſo $p = \frac{E}{r} av$, ſ. §. 129) im Verhältniß zu dieſer Achſe nothwendiger Weiſe gleich ſein der Summe der Momente der äußeren Kräfte, die ſenkrecht auf den Durchſchnitt JK wirken. Es iſt dieſes das zweite Gleichgewichtsverhältniß dieſes Durchſchnitts. Bezieht man ſich nun aber auf Fig. 10, ſo ſieht man (wie im §. 129), daß das Moment des Widerſtandes p der Faſer mn in Bezug auf die neutrale Achſe $pv = \frac{E}{r} av^2$ iſt, und daß die Summe aller ſolchen Momente für den ganzen Durchſchnitt beträgt

$$\frac{E}{r}(av^2 + a'v'^2 + a''v''^2 + \text{ ꝛc.})$$

Die Summe der Produkte av^2, $a'v'^2$ u. ſ. w. des Flächenraums von dem Querdurchſchnitt jeder Faſer durch das Quadrat ihrer Entfernung von der neutralen Achſe haben wir in dem erſten Theil dieſer Abhandlung das Trägheitsmoment genannt, und haben es mit dem Buchſtaben J bezeichnet.

Digitized by Google

Mithin iſt die Summe der Momente aller molekulären Widerſtände gegen Extenſion und Kompreſſion $\frac{E}{r} J$, und dieſe Summe muß gleich ſein der Summe der Momente $Pp + Qq + \text{ꝛc.} \ldots = M$ der äußeren Kräfte, welche die Rotazion um den fraglichen Durchſchnitt JK zu bewirken ſtreben.

Man hat alſo im Allgemeinen für das Gleichgewichtsverhältniß und für irgend einen Durchſchnitt die Relazion.

$$\frac{EJ}{r} = Pp + Qq + \text{ꝛc} \ldots = M.$$

133. Grenzen der permanenten Widerſtände. — Damit aber dieſes Gleichgewicht permanent beſtehen kann und damit der Widerſtand der Körper andauere und die erforderliche Sicherheit darbiete, darf keine Faſer des fraglichen Durchſchnitts eine Verlängerung oder Zuſammenziehung erleiden, welche die Elaſticitätsgrenzen überſchreitet.

Bei der Rotazion, welche um die neutrale Achſe ſtattfindet, iſt die von dieſer Achſe entfernteſte Faſer offenbar diejenige, welche ſich am meiſten verlängert oder verkürzt. Iſt z. B. cl größer als ck, ſo iſt JJ' die Faſer, die in ihrer Länge die größte Veränderung erlitten hat, und ihre Verlängerung iſt J'i. Durch die ähnlichen Dreiecke aber, wenn man mit v' die Entfernung cJ' dieſer Faſer von der neutralen Achſe bezeichnet, iſt

$$\frac{J'i}{Cc} = \frac{cJ'}{Co} = \frac{v'}{r},$$

und nennt man i' die proporzionale Verlängerung oder Verkürzung, welche die Faſern ohne Veränderung ihrer Elaſticität erleiden können, ſo muß die Verlängerung $\frac{v'}{r}$ der entfernteſten Faſer gleich i' ſein, und man erhält

$$\frac{v'}{r} = i', \text{ woraus } \frac{1}{r} = \frac{i'}{v'}.$$

Folglich

$$\frac{EJ}{r} = \frac{EJi'}{v'}.$$

Wenn man aber nach dem Vorhergehenden fortfährt R die permanente Kraft der Extenſion oder der Kompreſſion zu nennen, welche jede Flächeneinheit des Körpers mit Sicherheit tragen kann, ſo iſt

$R = Ei'$, folglich $i' = \frac{R}{E}$ und folglich auch

$$\frac{EJ}{r} = \frac{EJi'}{v'} = \frac{RJ}{v'}$$

als die Summe der Momente der molekulären Widerſtände des fraglichen Durchſchnitts gegen die Extenſion und Kompreſſion, wenn nämlich dieſe Faſern nur ſolchen Kräften unterworfen werden, die ſie mit Sicherheit ertragen können, ohne daß ihre Elaſticität irgend eine Veränderung erlitte.

Damit alſo ein Bau dauerhaft ſei, muß zwiſchen den molekulären Widerſtänden und den äußeren Kräften folgendes Verhältniß herrſchen:

$$\frac{RJ}{v'} = Pp + Qq + \text{ꝛc} \ldots = M.$$

134. Werth der bei der Biegung ſich ergebenden proporzionalen Verlängerung oder Verkürzung. — Aus dem Vorhergehenden folgt ferner, daß die Verlängerung oder Veränderung der Faſer, die in ihrer Länge die größte Veränderung erleidet, durch $i' = \frac{R}{E}$, und wenn wir für R den aus der obigen Gleichung abgeleiten Werth ſetzen, durch $i' = \frac{Mv'}{EJ}$ ausgedrückt wird. Hierdurch läßt ſich i' immer berechnen, wenn man die Größen der zweiten Zahl dieſes Ausdruckes kennt. Spätere Beiſpiele werden dies zeigen.

135. Bemerkung über die vorſtehende Formel. — Es iſt wichtig zu bemerken, daß dieſe Formel das Gleichgewichtsverhältniß zwiſchen den äußeren Kräften, welche den Körper zu biegen oder zu brechen ſuchen, und den inneren Kräften der Widerſtandsfähigkeit gegen Extenſion und Kompreſſion, die wir molekuläre Kräfte nennen und die ſich in jedem ſeiner Querdurchſchnitte entwickeln, auch im Allgemeinen ausdrückt. Mit Worten drückt die Formel Folgendes aus: Wenn ein feſter Körper, der mit einem Ende feſtgehalten iſt und der Einwirkung von äußeren Kräften unterliegt, die ihn zu biegen oder zu brechen ſuchen, ein Gleichgewicht erreicht hat, ſo wird die Summe der Momente aller molekulären Widerſtände gegen Extenſion und Kompreſſion in irgend einem Querſchnitt ausgedrückt durch das Produkt $\frac{RJ}{v'}$, und dieſe Summe iſt gleich derjenigen der Momente der äußeren Kräfte in Bezug auf dieſen Durchſchnitt.

Die Dauerhaftigkeit oder die Widerſtandsfähigkeit des feſten Körpers iſt alſo geſichert, wenn man ſeinen oder aus der anderen dieſer Gleichungen ſich ergebenden

Digitized by Google

verſchiedenen Durchſchnitten, im Falle daß ſie variiren, oder ſeinen konſtanten Durchſchnitt, im Falle der feſte Körper überall daſſelbe Profil hat, ſolche Dimenſionen gibt, daß in den ſchwächſten Durchſchnitten oder in denjenigen, wo am meiſten ein Bruch zu fürchten ſteht, dieſes Gleichgewicht obwaltet.

Offenbar iſt übrigens bei den feſten Körpern mit konſtantem Querdurchſchnitt der gefährliche Durchſchnitt da, wo die Summe der Momente der äußeren Kräfte am größten iſt, und dies iſt in der Regel der Einlaſſungsdurchſchnitt.

Durch die Beobachtung der Bauten, deren Dauerhaftigkeit die Zeit beſtätigt hat, und durch die Beobachtung der Reſultate direkter Verſuche laſſen ſich mit Hilfe der Formel $\frac{R\,J}{v'} = M$, woraus $R = \frac{M\,v'}{J}$ die Werthe beſtimmen, welche die Zahl R bei jedem Material haben muß, theils um den Bauten die nöthige Dauerhaftigzu geben, theils um den Bruch zu beſtimmen. Zahlreiche Beiſpiele werden dies im Folgenden zeigen.

136. Fall, wo man die Kräfte in Anſchlag bringen muß, die ſenkrecht auf den fraglichen Durchſchnitt des Körpers wirken. — Indem wir bisher nur die Wirkung der Kräfte berückſichtigen, die in dem fraglichen Durchſchnitt des Körpers Rotazionen zu bewirken ſtreben, haben wir ſtillſchweigend angenommen, daß man die Kraftäußerungen der Komponenten dieſer auf den Durchſchnitt ſenkrechten Kräfte, welche eine allgemeine Verlängerung oder eine Zuſammenziehung der Faſern zu bewirken ſuchen, übergehen könne. In ſehr vielen Fällen kann man in der That von dieſen allgemeinen Extenſionen oder Kompreſſionen abſtrahiren und braucht bloß diejenigen zu berückſichtigen, welche durch die Biegung des Körpers entſtehen; es gibt aber andere Fälle, wo die zu den Durchſchnitten ſenkrechten oder in der Richtung der Länge des Körpers wirkenden Kräfte eine hinreichende Intenſität erreichen, daß ihr Einfluß gewürdigt werden muß. Zu dieſem Zweck zerlegt man alle äußeren Kräfte in zwei andere, nämlich in eine, die dem fraglichen Durchſchnitt parallel iſt und zur Biegung beiträgt, und in eine, welche ſenkrecht zu dieſem Durchſchnitt iſt und die Extenſion oder Kompreſſion erzeugte.

Nennen wir die algebraiſche Summe aller dieſer ſenkrechten Komponenten T, ſo erkennt man aus der Richtung, in der ſie wirkt, ob ſie den Körper zu verlängern oder zuſammenzuziehen ſtrebt. Im erſten Falle erzeugt ſich pro Flächeneinheit eine Dehnung $\frac{T}{A}$ und eine proporzionale Verlängerung (§. 5), die wir mit i'' bezeichnen wollen und die gleich iſt $i'' = \frac{T}{A\,E}$.

Hieraus folgt für die von der neutralen Achſe am weiteſten entfernte Faſer:

1. daß ſie durch die Wirkung der auf den Durchſchnitt ſenkrechten Komponenten eine proporzionale Verlängerung i'' erleidet, die ſich ausdrücken läßt durch

$$i'' = \frac{T}{A\,E};$$

2. daß ſie durch die Wirkung der zu dieſem Durchſchnitt parallelen Komponenten eine proporzionale Verlängerung i' erleidet, die ausgedrückt wird (§. 133) durch

$$i'' = \frac{E}{R} = \frac{(Pp + Qq + \text{:c...})v'}{E\,J} = \frac{M\,v'}{J\,E},$$

indem wir mit M immer die Summe der Momente der Kräfte, die den Körper zu biegen ſuchen, im Verhältniß zum fraglichen Durchſchnitt bezeichnen.

Die Totalverlängerung dieſer Faſer iſt folglich

$$i = i' + i'' = \frac{T}{A\,E} + \frac{M\,v'}{E\,J},$$

und damit ſie die Elaſticitätsgrenze nicht überſchreite, muß $i = \frac{R}{E}$ (§. 33) ſein. Behufs eines permanenten Widerſtandes müſſen wir alſo das Verhältniß haben

$$\frac{R}{E} = \frac{T}{A\,E} + \frac{M\,v'}{R\,J} \text{ oder } R = \frac{T}{A} + \frac{M\,v'}{J}.$$

In dem Fall, daß die Reſultante T eine allgemeine Kompreſſion der Faſern des fraglichen Durchſchnitts zu bewirken ſuchte, würde die von der neutralen Achſe am weiteſten entfernte Faſer, wenn ſie in dem oberen Theil des Durchſchnitts liegt,

1. durch die Wirkung der auf den Durchſchnitt ſenkrechten Kräfte eine proporzionale Kompreſſion von

$$i'' = \frac{T}{A\,E};$$

2. durch die Wirkung der zu dieſem Durchſchnitt parallelen Komponenten eine proporzionale Verlängerung von

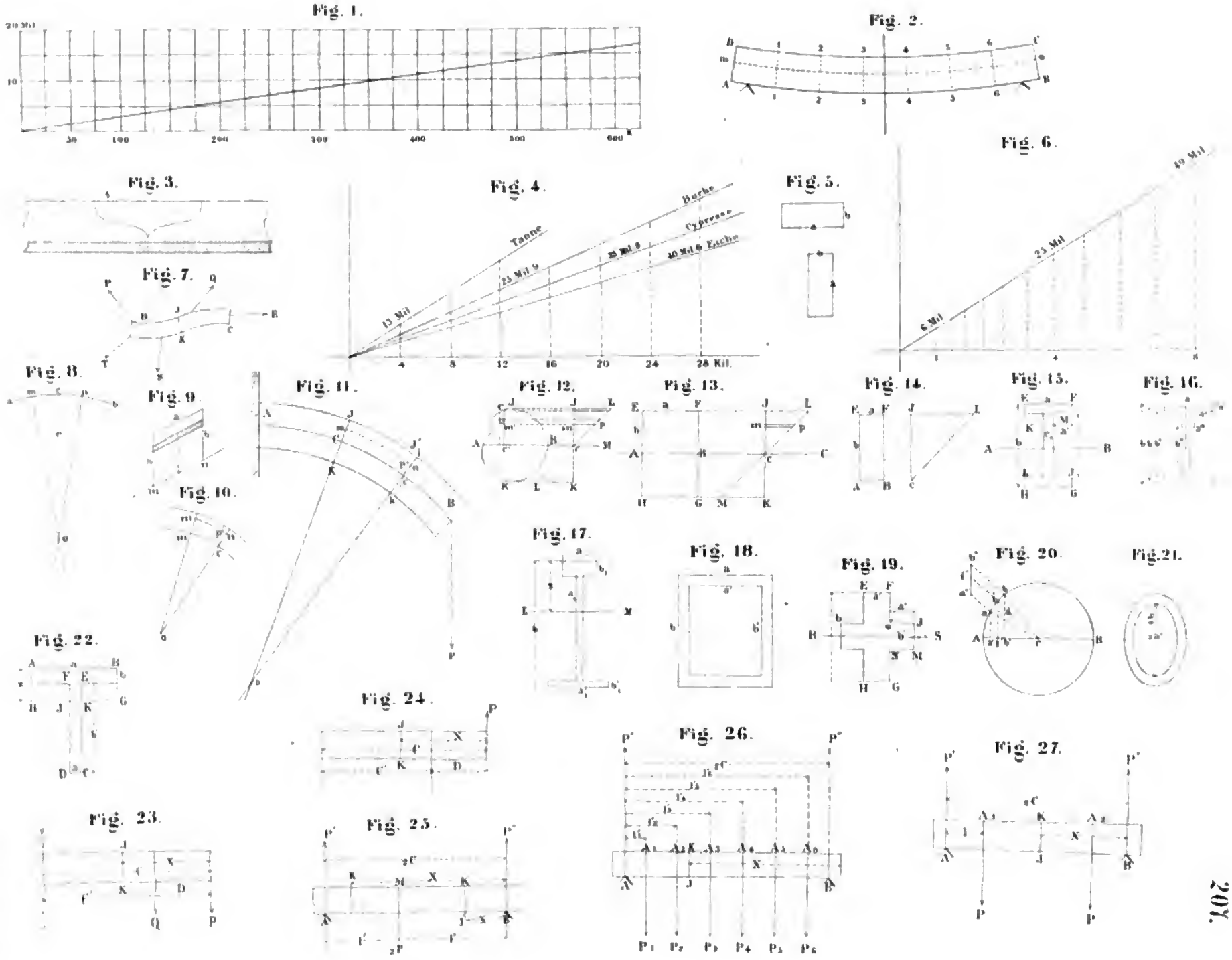
$$i' = \frac{M\,v'}{E\,J}$$

erleiden. Folglich wäre die totale Kompreſſion oder Verlängerung

$$i = i'' - i' = \frac{T}{A\,E} - \frac{M\,v'}{E\,J} \text{ oder } i = i' - i'' = \frac{M\,v'}{E\,J} - \frac{T}{A\,E}$$

Man muß hier für i immer den aus der einen

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

oder der anderen dieser Gleichungen sich ergebenden positiven Werth setzen. Die Dauerhaftigkeit eines Baues erfordert also das Verhältniß

$$R = \frac{T}{A} - \frac{M v'}{J} \text{ oder } R = \frac{M v'}{J} - \frac{T}{A}.$$

Wäre endlich die am meisten komprimirte Faser von der neutralen Achse weiter entfernt als die am meisten verlängerte, so müßte man in dem letzten so eben besprochenen Falle die beiden Kompressionen i' und i'' addiren, wie in dem ersten Falle, wo von den Verlängerungen die Rede war, und an der Grenze der Kompressionen, wo die Elasticität nicht verändert wäre, hätte man

$$R = \frac{T}{A} + \frac{M v'}{J}.$$

137. Bemerkungen über die Größen A und J. — Die Größen A und J, von welchen die eine den Flächenraum des Querdurchschnitts und die andere das Trägheitsmoment dieses Durchschnitts im Verhältniß zur neutralen Achse ausdrückt, hängen, wie man sieht, nur von den Dimensionen und der Form des Profils dieses Durchschnitts ab, und da R, wie wir weiter unten angeben werden, aus der Beobachtung guter Konstrukzionen bekannt ist und T und M von der Intensität und der Dispozizion der äußeren Kräfte abhängen, so kann man folglich immer die Dimensionen und Verhältnisse des Querdurchschnitts oder die Größen A und J bestimmen, so daß den vorstehenden Relazionen, welche das permamente Gleichgewicht ausdrücken, zur Genüge entsprochen wird. Dies bildet den Gegenstand der wichtigen Untersuchung der Proporzionen der Körper, wodurch die Dauerhaftigkeit der Konstrukzionen garantirt wird.

138. Fall, wo der Körper seiner ganzen Länge nach konstant profilirt ist. — In sehr vielen Fällen hat ein Körper seiner ganzen Länge nach ein konstantes Profil und alsdann sind die A und J ebenfalls konstant. Der gefährliche Durchschnitt ist in diesem Falle offenbar da, wo das zweite Glied der vorigen Verhältnisse

$$\frac{M v'}{J} \pm \frac{T}{A}$$

seinen größten Werth erreicht.

Ist der Körper mit einem seiner Enden eingelassen, so ist der Einlassungsdurchschnitt in der Regel der gefährliche Durchschnitt, und ist die Verlängerung oder die Kompression, welche von der Resultante T der auf diesem Durchschnitt senkrechten Komponenten bewirkt wird, im Verhältniß zu der durch die Biegung entstehenden Verlängerung oder Kompression Null oder sehr schwach, so ist dieser Durchschnitt immer der gefährlichste. In diesem letzteren Falle, der in der Praxis häufig vorkommt, ist das Verhältniß, welches die Dauerhaftigkeit ausdrückt, folgendes:

$$R = \frac{M v'}{J}, \text{ folglich } J = \frac{M v'}{R} \text{ oder } \frac{J}{v'} = \frac{M}{R}.$$

In manchen Fällen kann man die äußeren Kräfte dergestalt einwirken lassen oder vertheilen, daß die Summe ihrer Momente im Verhältniß zum gefährlichen Durchschnitt Null ist, und da der Körper alsdann nur noch den Kräften der Extension und Kompression unterliegt, so wird das Verhältniß der Dauerhaftigkeit

$$R = \frac{T}{A}, \text{ folglich } A = \frac{T}{R};$$

hierdurch läßt sich unmittelbar der Querschnitt bestimmen, wenn man die Kraft T kennt, welche den Körper auszudehnen oder zusammenzudrücken sucht.

Hierher gehören die Pfeiler oder Säulen, welche die Ketten der Hängebrücken tragen Die Richtung und die Spannung dieser Ketten muß dergestalt kombinirt werden, daß die Summe der Momente der Kräfte, welche eine Rotazion des Trägers auf seiner Basis anstreben, Null oder wenigstens beinahe Null ist, und daß der letztere nur einer Kompression unterliegt.

Werthe der Trägheitsmomente verschiedener Profile.

139. Werthe der Größen J und $\frac{J}{v'}$ für die verschiedenen beim Bauen gebräuchlichen Profile. — Da die neutrale Achse, wie man gesehen hat, durch den Schwerpunkt gehen muß, so läßt sich der Werth des Trägheitsmoments J und des Verhältnisses $\frac{J}{v'}$ für die verschiedenen gebräuchlichen Profile aufsuchen.

Um eine Idee davon zu geben, wie man diese Größen berechnet und wie man von den vorhergehenden allgemeinen zu den praktischen Formeln übergeht, wollen wir einige besondere Fälle betrachten. Zuvor aber werden wir folgende sehr einfache allgemeine Betrachtung Poncelet's anführen. J K (Fig. 12) sei irgend ein Querdurchschnitt des Körpers und a der Flächenraum einer in der Entfernung m c oder m' c' = v von

Digitized by Google

der neutralen Achse A B liegenden Faser. Ziehen wir $m p = m' c' = m c$ senkrecht auf die Ebene von J K, so ist offenbar $a v = a \times m p$ oder der Rauminhalt des Prisma's, dessen Basis a und dessen Höhe m p oder v ist, und das Produkt $a v^2 = a \times mp \times mc$ ist das Moment dieses Rauminhalts im Verhältniß zur Ebene der neutralen Achse, welche durch den Schwerpunkt geht und zu der Ebene der molekulären Kräfte senkrecht ist. Um also das ganze Trägheitsmoment zu erhalten, müßte man die Summe der Momente aller Elementarabschnitte der J L c und L' K e ähnlichen Profile sowohl ober- als unterhalb c M zusammen nehmen und diese beiden beziehungsweise zu den obern und untern Theilen des Durchschnitts relativen Summen zu einander addiren. Bei dem Dreieck J L c ist diese Summe aber gleich dem Moment des Dreiecks im Verhältniß zu c M oder gleich dem Produkt seiner Fläche $\frac{1}{2}$ c J × J L mit dem Abstand $\frac{2}{3}$ c J seines Schwerpunkts von der Linie c M; sie ist also gleich $\frac{1}{3}$ c J^3, vorausgesetzt daß c J = J L.

140. Fall, wo der Umriß des fraglichen Querdurchschnitts ein beliebiger ist — Nennt man auch hier wieder v die äußere Ordinate $c' c_1$ des äußeren Umrisses im Verhältniß zur Linie A B, und e die Dicke eines Elementarabschnitts $c' c_1$ des Profils, so ist das Trägheitsmoment dieses Abschnitts im Verhältniß zu A B = $\frac{1}{3} v^3 e$, und der Werth der auf diesen Abschnitt sich beziehenden Größe $\frac{J}{v'}$ ist $\frac{1}{3} v^2 e$.

Um nun die Totalwerthe von J und $\frac{J}{v'}$ für den ganzen Durchschnitt zu erhalten, muß man alle diese Größen zu einander addiren, was theils durch die bekannten Berechnungsweisen bei regelmäßigen Körpern, theils durch die Simpson'sche Formel keinen Schwierigkeiten unterliegt.

Bezeichnet man im letzteren Falle mit a die Breite des Profils A B und theilt sie in eine gerade Anzahl 2 n zu gleichen Theilen, so erhält man in der Figur für jeden Theilungspunkt die Ordinaten

$$v_1, v_2, v_3 \ldots\ldots v_{2n+1},$$

woraus

$$J = \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{3} \frac{a}{2n} [v_1^3 + v_{2n+1}^3 + 4 (v_2^3 + v_4^3 + \text{ꝛc.} \ldots) + 2 (v_3^3 + v_5^3 + \text{ꝛc} \ldots)]$$

und

$$\frac{J}{v'} = \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{3} \frac{a}{2n v'} [v_1^3 + v_{2n+1}^3 + 4 (v_2^3 + v_4^3 + \text{ꝛc.} \ldots) + 2 (v_3^3 + v_5^3 + \text{ꝛc} \ldots)]$$

wo v' die größte aller Ordinaten des fraglichen Durchschnitts ist. Man addire die Werthe dieser Größen für die beiden oberhalb und unterhalb der Linie A B liegenden Theile des Profils zu einander und man erhält so die Totalwerthe von J und von $\frac{J}{v'}$.

Durch dieselbe Methode Simpsons kann man übrigens die Linie A B, in welcher der Schwerpunkt des Durchschnitts liegt, bestimmen, und wir haben sie daher als bekannt vorausgesetzt.

141. Besondere Formeln. — In den meisten praktischen Fällen ist die Form des Querprofils des Körpers einfach genug, um die Werthe von J und $\frac{J}{v'}$ leicht auf direktem Wege bestimmen zu können. Wir wollen die gebräuchlichsten Formen durchgehen.

142. Rechteckiger Durchschnitt. — Hier (Fig 13) sind alle Abschnitte wie J L c M K gleich und die Ebene der neutralen Achse theilt die Totalhöhe b des Rechtecks in zwei gleiche Theile. Die Summe der Produkte der Elementar-Rauminhalte der Prismen m p durch ihre Entfernung m c von der Linie A B ist gleich dem Produkt des Total-Flächenraums $\frac{1}{2}$ c J × J L × a des Prisma's, dessen Basis J L c und dessen Höhe die Breite a des Körpers wäre, durch den Abstand $\frac{2}{3}$ c J seines Schwerpunkts von der Linie A B. Nehmen wir J K = b an, so wird der Rauminhalt des Prisma's ausgedrückt durch $\frac{1}{2} \cdot \frac{b}{2} \times \frac{b}{2} \times a = \frac{1}{8} a b^2$. Die Entfernung seines Schwerpunktes von c C ist $\frac{2}{3}$ c J = $\frac{1}{3}$ b, folglich erhält man für das Trägheitsmoment des oberhalb c A B liegenden Prisma's den Werth $\frac{1}{24} a b^3$. Derselbe Werth ergibt sich für das untere Prisma, wenn auf beiden Seiten von A B oder c C vollständige Symmetrie herrscht, und folglich ist

$J = \frac{1}{12} a b^2 = \frac{1}{12} A b^2$, woraus $\frac{J}{v'} = \frac{1}{6} a b^2 = \frac{1}{6} A b$,

wenn wir mit A die Fläche a × b des Querdurchschnitts des festen Körpers bezeichnen.

Ist der Durchschnitt des Körpers ein Quadrat, so ist a = b und $J = \frac{1}{12} A b^2 = \frac{1}{12} b^4$, $\frac{J}{v'} = \frac{1}{6} b^3$.

143. Trägheitsmoment eines Rechtecks im Verhältniß zu einer seiner Seiten. — In diesem Fall (Fig 14) wäre das Trägheitsmoment wieder gleich dem Rauminhalt des Prisma's oder

$$\frac{1}{2} \text{ c J} \times \text{J L} \times a \times \frac{1}{3} \text{ c J};$$

Digitized by Google

dieſer Ausdruck iſt im vorliegenden Fall, weil $cJ = JL = b$ iſt,

$$J = {}^1/_3\, a\, b^3 = {}^1/_3\, A\, b^2.$$

Läge ein anderes ſolches Rechteck ſymmetriſch unterhalb der Linie AB, ſo wäre ſein Moment im Verhältniß zu dieſer Linie wieder $^1/_3\, a\, b^3$, und die Summe dieſer beiden Momente oder $^2/_3\, a\, b^3$ iſt dieſelbe wie die im §. 142, wenn man $2b$, welches jetzt die Totalhöhe iſt, durch b erſetzt, das dieſe Höhe in den vorhergehenden Formeln ausdrückte.

144. Profil von doppelter T Form. — Sind in dieſem Fall (Fig. 15), der in der Praxis ſehr häufig vorkommt, die obere und untere Rippe gleich, ſo muß die neutrale Achſe AB offenbar in der Mitte des Querdurchſchnitts liegen, und das Trägheitsmoment iſt gleich der Summe der Trägheitsmomente der Rechtecke, aus welchen die Rippe beſteht, und des Rechteckes, welches den Körper der Schiene bildet, oder, was daſſelbe iſt und zu leichter zu berechnenden Formeln führt, das Trägheitsmoment iſt gleich dem des äußeren Rechtecks EFGH weniger dem doppelten Trägheitsmoment eines der beiden gleichen Rechtecke MJ und KL. Es iſt alſo

$$J = {}^1/_{12}\,(a\, b^3 - 2\, a'\, b'^3),$$

und da die größte Ordinate $v' = {}^1/_2\, b$ iſt, ſo iſt

$$\frac{J}{v'} = {}^1/_6\, \frac{(a\, b^3 - 2\, a'\, b'^3)}{b}.$$

145. Gewalztes Eiſen von doppelter T Form. — In gewiſſen Fällen und insbeſondere bei dem gewalzten Eiſen von doppelter T Form bleibt der Vorſprung a' der Rippen, eben ſo wie die Dicke e und die Höhe b konſtant bei einer Reihe von Schienen, und nur die Dicke des Körpers, die wir e_1 nennen wollen, variirt mit der Belaſtung, welche die Schienen tragen ſollen. Die unbekannte Größe der Dicke e_1 muß alſo beſtimmt werden. Offenbar läßt ſich das Trägheitsmoment ausdrücken durch

$$J = {}^1/_{12}\, e_1\, b^3 + {}^1/_6\, a'\, (b^3 - b'^3).$$

Man vereinfacht dieſe Formel, wenn man das Verhältniß von b' zu b kennt. Iſt z. B. $b' = 0{,}90\, b$, alſo $b'^3 = 0{,}729\, b^3$, und $b^3 - b'^3 = 0{,}271\, b^3$, und bleibt a' für einen und denſelben Werth der Höhe b konſtant, ſo erhalten wir die Formel

$$J = {}^1/_{12}\, e_1\, b^3 + \frac{0{,}271\, a\, b^3}{6},$$

und folglich

$$\frac{J}{v'} = {}^1/_6\, e_1\, b^2 + 0{,}0903\, b^2\, a'.$$

Auf die Anwendung dieſer Formel werden wir weiter unten zurückkommen.

146. Eiſen von doppelter TForm aus Eiſenblechen, die durch Winkeleiſen verbunden ſind. — In dieſem Fall (Fig. 16), welcher beim Bau von Eiſenbahnbrücken ſehr häufig vorkommt, kann man wieder das Trägheitsmoment unter einer anderen für die Berechnungen bequemeren Form ausdrücken.

Das Trägheitsmoment des Durchſchnitts wird offenbar ausgedrückt durch

$$J = {}^1/_{12}\,[a\, b^3 - 2\,(a'\, b'^3 + a''\, b''^3 + a'''\, b'''^3)],$$

und da die am meiſten verlängerte oder verkürzte Faſer in der Entfernung $v' = {}^1/_2\, b$ von der in der Mitte befindlichen neutralen Achſe liegt, ſo iſt

$$\frac{J}{v'} = {}^1/_6\, \frac{[a\, b^3 - 2\,(a'\, b'^3 + a''\, b''^3 + a'''\, b'''^3)]}{b}.$$

Dieſe Formel wird in der Folge auf einige praktiſche Fälle angewandt werden.

147. Modifikazion des vorigen Profils. — Zuweilen iſt es der Fall, daß die ſo eben beſprochene Form nicht die angenommene Symmetrie zeigt, und daß die Rippen voneinander verſchieden ſind. Alsdann liegt der Schwerpunkt und folglich auch die neutrale Achſe nicht mehr in der Mitte der Höhe, ſondern näher zu der ſtärkeren Rippe; die Formel muß alſo modificirt werden. In vielen Fällen iſt die Differenz der Dimenſionen ſchwach genug, ſo daß die obige Formel ausreicht; man nimmt alsdann die Dimenſionen der kleinſten Rippe für beide Rippen an, und der Ueberſchuß von Widerſtand, welcher dergeſtalt für den Körper erwächſt, würde die Feſtigkeit nur noch beſſer garantiren. Da es indeſſen Fälle gibt, wo zwiſchen der oberen und der unteren Rippe ein ſehr großer Unterſchied ſtattfindet, ſo muß man auch wiſſen, wie man ſich dabei zu verhalten hat. Die Sache unterliegt keiner Schwierigkeit, wie das folgende Beiſpiel zeigen wird; wir wollen hierzu ein Eiſen von doppelter TForm wählen, wie man ſich deſſen zu gußeiſernen Brückenbalken, zu Dächern von großer Tragweite oder zu eiſernen Fußböden bedient.

Digitized by Google

Nimmt man die Momente der beiden oberhalb und unterhalb der neutralen Achſe **L M** liegenden Theile des Profils (Fig. 17) und nennt man x die unbekannte Entfernung der neutralen Achſe von der oberen Fläche, a und a'_1 die horizontalen Breiten der oberen und unteren Rippen, a_1 die Dicke des Körpers der Schiene, b_1 und b'_1 die Dicke der beiden Rippen, und b die ganze äußere Höhe des feſten Körpers, ſo iſt das Moment des oberen Theils

$$a_1 x \times {}^1/_2 x + (a - a_1) b_1 \times (x - \frac{b_1}{2}),$$

und das Moment des untern Theils

$$a_1 (b-x) \times \frac{(b-x)}{2} + (a'_1 - a_1) b'_1 \times (b - x - \frac{b'_1}{2}).$$

Dieſe beiden Momente müſſen gleich ſein, weil ſich die Entfernung x auf den Schwerpunkt des Durchſchnitts bezieht; bringt man alſo dieſe beiden Momente in Gleichung, ſo erhält man

$$x = \frac{(a - a') b_1^2 + a_1 b^2 + 2 (a'_1 - a_1) b'_1 (b - \frac{b'_1}{2})}{2 [(a - a_1) b_1 + a_1 b + (a'_1 - a_1) b'_1]}.$$

Hat man ſomit die Lage der neutralen Achſe beſtimmt, ſo findet man aus den vorhergehenden Formeln (§. 143 und folg.) leicht die Werthe der Trägheitsmomente des oberen und unteren Theils im Verhältniß zu dieſer Achſe; addirt man ſie zu einander, ſo erhält man das Totalträgheitsmoment. Das Trägheitsmoment des oberen Theils iſt alſo

$${}^1/_3 a x^3 - {}^1/_3 (a - a_1) (x - b_1)^3,$$

das des unteren Theils

$${}^1/_3 a'_1 (b - x)^3 - {}^1/_3 (a'_1 - a_1) (b - x - b'_1)^3;$$

addirt man alſo beide Werthe, ſo erhält man

$$J = {}^1/_3 [a x^3 - (a - a_1) (x - b_1)^3 + a'_1 (b - x)^3 - (a'_1 - a_1) (b - x - b'_1)^3].$$

Befindet ſich die ſtärkere Rippe unten, ſo liegt der Schwerpunkt der unteren Fläche näher als der oberen; die von der neutralen Achſe am weiteſten entfernte Faſer liegt alſo an der oberen Fläche in der Entfernung $v' = x$, und man erhält

$$\frac{J}{v'} = {}^1/_3 \frac{[a x^3 - (a - a_1) (x - b_1)^3 + a'_1 (b - x)^3 - (a'_1 - a_1) (b - x - b'_1)^3]}{x}.$$

Läge dagegen die ſtärkere Rippe oben, ſo wäre $b - x$ größer als x und dieſer größere Werth von $b - x$ müßte für den von v' ſubſtituirt werden.

Dieſe dem Anſchein nach ziemlich langen Formeln laſſen ſich ſehr vereinfachen und ſind überdies leicht auszurechnen, wenn man für die Dimenſionen der Pieces ihre numeriſchen Werthe ſetzt, falls ſie konſtant ſind, oder wenn man ſie in voraus feſtgeſetzte Verhältniſſe bringt.

148. Hohle rechteckige Röhren. In dieſem Fall (Fig. 18.) wäre $J = {}^1/_{12} (a b^3 - a' b'^3) = {}^1/_{12} (A' b^2 - A'' b'^2)$, wenn man mit $A' = ab$ und $A'' = a' b'$ die Flächenräume der Querſchnitte der äußeren und inneren Parallelepipeden bezeichnet. Differirt aber b' nur wenig von b, wie es bei Röhren von ſehr dünnem Eiſenblech der Fall iſt, ſo könnte man $b' = b$ ſetzen, und alsdann wäre $J = {}^1/_{12} (A' - A'') b^2 = {}^1/_{12} A b^2$, indem man mit $A = A' - A''$ die Fläche des Querdurchſchnitts bezeichnet.

Hieraus folgt, daß

$\frac{J}{v'} = {}^1/_6 A b$, vorausgeſetzt, daß alsdann $v' = \frac{b}{2}$ iſt.

Folglich wäre die Gleichgewichtsformel für dieſe Röhren

$$\frac{R J}{v'} = {}^1/_6 R A b = P C.$$

Im weiteren Verlaufe wird dieſe Formel auf die rieſenhaften Röhren der Brücken über die Meerenge von Menai und über den Conwayfluß angewendet werden.

149. Röhren, deren Durchſchnitt ein Quadrat iſt. — Hier iſt $a = b$, $a' = b'$, und die obigen Formeln lauten alſo

$J = {}^1/_{12} (b^4 - b'^4)$, und $\frac{J}{v'} = {}^1/_6 \left(\frac{b^4 - b'^4}{b}\right)$,

vorausgeſetzt, daß $v' = {}^1/_2 b$. In allen Fällen, wo b nur wenig von b' differirt, läßt ſich dieſer letztere Ausdruck reduciren auf

$$\frac{J}{v'} = {}^1/_6 (b^3 - b'^3);$$

der Werth von $\frac{J}{v'}$ wird hierdurch etwas zu ſchwach, obwohl nur unbedeutend; die Rechnung aber wird erleichtert.

150. Profile eines rechtwinkligen Kreuzes. — Das Stück Fig. 19., welches ſymmetriſch iſt, hat ſeinen Schwerpunkt in der Linie **R S**, welche das Rechteck ſeinen Seiten parallel in zwei gleiche Theile theilt, und das Trägheitsmoment des Totaldurchſchnitts iſt gleich dem des Recht-

Digitized by Google

ecks E F G H plus zweimal dem des Rechtecks J M N O. Nach den Bezeichnungen der Figur ist also

$$J = {}^1/_{12}\ (a b^3 + 2 a' b'^3),$$

und da hier die größte Ordinate v' des Durchschnitts $v' = {}^1/_2 b$ ist, so ist

$$\frac{J}{v'} = {}^1/_6\ \frac{a b^3 + 2 a' b'^3}{b}$$

151. Kreisförmiges Profil. — Es soll bewiesen werden, daß bei einem kreisförmigen Durchschnitt, wo man den Radius mit R bezeichnet, der Werth des Trägheitsmomentes ist

$$J = {}^1/_4\, 3{,}14\, R^4 = {}^1/_4\, A\, R^2 = \frac{A D^2}{16},$$

und vorausgesetzt, daß $v' = R$ ist,

$$\frac{J}{v'} = {}^1/_4\, 3{,}14\, R^3 = \frac{A R}{4} = \frac{A D}{8}.$$

Es sei a c b (Fig. 20) ein Elementarsektor des Kreises. Betrachtet man zuerst einen kreisförmigen Elementarstreifen dieses Sektors von der Dicke e dessen Basis der Bogen a b ist, so ist offenbar das Trägheitsmoment dieses Streifens im Verhältniß zum Durchmesser A B

$$a b \times e \times i i''^2.$$

Konstruirt man nun das Trapez a b b'' a'', dessen Basis a b wäre und dessen parallele Seiten $a a'' = a a'$, $b b'' = b b'$ und im Mittel $i i'' = i i'$, so muß das Moment $a b \times e \times i i'^2$ gleich sein dem Rauminhalt eines kleinen abgestumpften Elementarprisma's, dessen Basis $a b \times e$, und dessen mittlere Höhe $i i'$ wäre. Folglich wäre das Trägheitsmoment dieses kleinen Streifens gleich dem Moment des Rauminhalts des entsprechenden Elementarprisma's im Verhältniß zu einer Ebene, die auf die Kreisfläche senkrecht und deren Durchschnittslinie mit diesem Kreis A B wäre. Die Summe aller dieser Momente wäre also gleich dem Moment der Pyramide, deren Spitze in c läge und deren Basis das Trapez a b b'' a'' wäre. Folglich ist das Trägheitsmoment des Kreisausschnitts a b c gleich dem Rauminhalt dieser Pyramide multiplicirt mit dem Abstand ihres Schwerpunkts von der Linie A B.

Nun aber ist dieser Rauminhalt.

$${}^1/_3\ ic \times abb'' a'' = {}^1/_3\ R \times ab \times ii';$$

und da die Dreiecke a b d und c i i'' ähnlich sind, so verhält sich $ab : ad = ci : ii'$; folglich $ab \times ii' = ad \times ci = a'b' \times ci$. Das Volumen wird also ausgedrückt durch ${}^1/_3 R^2 . a' b'$.

Die Entfernung des Schwerpunkts der Pyramide von ihrer Spitze beträgt ${}^3/_4$ R, und folglich liegt der nämliche Punkt in einer Entfernung von der Linie A B, die gleich ist ${}^3/_4\ ii'$. Das Trägheitsmoment dieser Elementarpyramide ist also

$${}^1/_3\ R^2 \times a' b' \times {}^3/_4\ ii' = {}^1/_4\ R^2 \times a' b' \times ii'.$$

Nun aber ist $a' b' \times ii'$ die Fläche des Kreiselements, welches dem Elementarbogen a b entspricht; mithin ist für den ganzen Kreis, dessen Fläche $= R^2 = 3{,}14\ R^2$ ist,

$$J = {}^1/_4\ 3{,}14\ R^4 = {}^1/_4\ A R^2$$

und folglich, da hier $v' = R$,

$$\frac{J}{v'} = {}^1/_4\ 3{,}14\ R^3 = {}^1/_4\ A R.$$

152. Ringförmiges Profil zweier concentrischer Kreise. — Nennt man in diesem Fall die äußeren und inneren Radien R' und R'', so muß offenbar das Trägheitsmoment gleich sein dem des äußeren Kreises weniger dem des inneren, und wird folglich ausgedrückt durch

$$J = {}^1/_4\ 3{,}14 . (R'^4 - R''^4) = {}^1/_4\ A\ (R'^2 + R''^2) = 0{,}0491\ (D'^4 - D''^4).$$

Da die entfernteste Ordinate der neutralen Achsenfläche hier $v' = R'$ ist, so ist

$$\frac{J}{v'} = \frac{3{,}14\ (R'^4 - R''^4)}{4 . R'} = \frac{A\ (R'^2 + R''^2)}{4 R'} = \frac{0{,}0982\ (D'^4 - D''^4).}{D'}$$

153. Vergleichung eines massiven Cylinders mit einem hohlen in Bezug auf den Widerstand gegen Biegung. — Da der Werth der Größe $\frac{J}{v'}$ im ersten Fall ${}^1/_4$ AR und im zweiten ${}^1/_4\ A \frac{(R'^2 + R''^2)}{R'}$ beträgt und der Flächenraum des Durchschnitts in beiden Fällen derselbe ist, so daß also $R^2 = R'^2 - R''^2$, so muß das Verhältniß beider Werthe $\frac{J}{v'} = \frac{R\ R^2}{R'^2 + R''^2}$ sein. Nimmt man z. B. an, R'' sei $= {}^3/_5$ R', was ein sehr häufig gebrauchtes Verhältniß ist, so folgt hieraus, daß $R = {}^3/_4$ R', und das obige Verhältniß lautet $\frac{R\ R'}{R'^2 + R''^2} = \frac{15}{41}$.

Dies beweist, daß bei gleichem Durchschnitt und somit bei gleichem Rauminhalt das Trägheitsmoment und folglich die Widerstandsfähigkeit eines massiven Cylinders fast nur das Drittel der eines hohlen Cylinders beträgt, dessen Dimensionen den oben angegebenen Verhältnissen entsprechen. Hieraus erklärt sich auch, warum

Digitized by Google

hohle Pflanzen bei weitem stärkere Biegungen ertragen können, ohne zu brechen, als volle.

154. Cylindrische Röhren mit dünnen Wänden. — Handelt es sich um cylindrische Röhren mit etwas dünnen Wänden, so ist das Trägheitsmoment

$$J = \frac{A R_1^2}{2} \text{ und } \frac{J}{v'} = \frac{A R_1}{4},$$

indem man mit R_1 den Radius der Röhre bezeichnet. Die Formel des Gleichgewichts lautet also

$$\frac{R J}{v'} = \frac{R . A R_1}{2} = P C.$$

155. Elliptische Profile. — Ist $2a$ die kleine und $2b$ die große Achse, so ist das Trägheitsmoment und der Werth von $\frac{J}{v'}$ für ein massives elliptisches Profil in Bezug auf die kleine Achse

$$J = \frac{\pi a b^3}{4} = \frac{A b^2}{4} \quad \frac{J}{v'} = \frac{\pi a b^2}{2},$$

in Beziehung auf die große Achse

$$J = \frac{\pi b a^3}{3} = \frac{A a^2}{4} \quad \frac{J}{v'} = \frac{\pi b a^2}{2}.$$

Bei dem ringförmigen elliptischen Profil (Fig. 21), wo $2a'$ und $2b'$ die kleine und große innere Achse sind, erhält man
für die kleine Achse

$$J = \frac{\pi}{4}(a b^3 - a' b'^3), \quad \frac{J}{v'} = \frac{\pi (a b^3 - a' b'^3)}{2 b},$$

für die große Achse

$$J = \frac{\pi}{4}(b a^3 - b' a'^3), \quad \frac{J}{v'} = \frac{\pi (b a^3 - b' a'^3)}{2 b}.$$

156. Tförmiges Profil. — In diesem Falle (Fig. 22) muß man zuerst die Lage der neutralen Achse bestimmen, die nicht a priori bekannt ist. Da sie den Schwerpunkt des Durchschnitts enthalten muß (indem wir mit z ihren Abstand von der oberen Fläche bezeichnen), so ist nach dem Theorem der Momente, welche wir im Verhältniß zu der oberen Linie AB nehmen,

$$a b \times \tfrac{1}{2} b + a' b' \times (\tfrac{1}{2} b' + b) = (a b + a' b') z,$$

und folglich

$$z = \tfrac{1}{2} \frac{a b^2 + a' b'^2 + 2 a' b b'}{a b + a' b'}.$$

Mithin muß dies Trägheitsmoment des Flächenraums ABECDFA gleich sein der Summe der Trägheitsmomente der Rechtecke ABGH und CDJK weniger der Trägheitsmomente der beiden Rechtecke EG und HF. Nun ist aber nach §. 143 diese Größe gleich $J = \tfrac{1}{3}[a z^3 - (a - a')(z - b)^3 + a'(b + b' - z)^3]$.

Die von der neutralen Achse entfernteste Faser liegt offenbar in der Fläche CD oder in der Entfernung $v' = b + b' - z$ von dieser Achse; mithin ist

$$\frac{J}{v'} = \tfrac{1}{3} \frac{[a z^3 - (a - a')(z - b)^3 + a'(b + b' - z)^3]}{b + b' - z};$$

bei diesem Ausdruck muß man in jedem einzelnen Falle die auf die angenommenen Verhältnisse bezüglichen Werthe von z substituiren.

157. Gewöhnliche Verhältnisse der Piecen von Gußeisen. — Bei den gußeisernen Piecen des vorstehenden Profils kann man folgendes Verhältniß annehmen:

$$a' = b = \tfrac{1}{3} a \text{ und } b' = a;$$

mithin ist

$$z = \tfrac{2}{5} a \text{ und } \frac{J}{v'} = \tfrac{1}{15} a^3;$$

und folglich erhält man die praktische Formel

$$\frac{R . a^3}{15} = P C \text{ und somit } a^3 = \frac{15 P C}{R}.$$

Macht man $a' = b = \tfrac{1}{5} a$ und $b' = \tfrac{1}{2} a$, so ist

$$z = \frac{13}{60} a \text{ oder ungefähr } z = \tfrac{1}{5} a,$$

und

$$\frac{J}{v'} = \frac{11}{500} a^3; \text{ folglich } \frac{R J}{v'} = \frac{11}{500} R a^3 = P C,$$

und somit

$$a^3 = \frac{500 P C}{11 R}.$$

158. Dünne Stücke von Schmiedeisen. — Bei eisernen Dächern können die Verhältnisse gelten:

$$b = 0{,}10 a = a' \text{ und } b' = a,$$

folglich ist

$$z = \frac{13}{40} a \text{ oder ungefähr } \tfrac{1}{3} a$$

und somit

$$\frac{J}{v'} = 0{,}03072 a^3.$$

Anwendungen und praktische Formeln.

159. Praktische Formeln. — Da wir die Werthe des Trägheitsmomentes und den des Verhältnisses $\frac{J}{v'}$ dieses Trägheitsmomentes zur Entfernung der am meisten verlängerten oder verkürzten Faser von der neutralen Achse, die bei den gewöhnlichsten Formen durch den Schwerpunkt des Querprofils geht, kennen,

Digitized by Google

ſo gelangen wir von der allgemeinen Formel leicht zu denjenigen, welche ſich auf die gewöhnlichſten Fälle der Anwendung beziehen, und zu den praktiſchen Geſetzen.

160. Ein feſter Körper, mit einem Ende feſtgehalten und einer ſenkrecht zu ſeiner Länge auf ſein anderes Ende drückenden Kraft P, ſo wie einer gleichmäßig vertheilten Belaſtung unterworfen. — Die theoretiſche Formel reducirt ſich in dieſem Falle auf ſehr einfache Weiſe, indem wir mit P die Kraft bezeichnen, welche ſenkrecht zu ſeiner Länge und parallel mit dem Einlaſſungsdurchſchnitt auf das Ende des Körpers wirkt, ferner mit C die Länge des Körpers, die hier der Hebelarm der Kraft P im Verhältniß zum Einlaſſungsdurchſchnitt iſt, und mit p die gleichmäßig vertheilte Belaſtung pro laufenden Meter. Das Moment der Laſt P im Verhältniß zum Einlaſſungsdurchſchnitt iſt P C und die Summe der Momente der gleichmäßigen Belaſtung iſt $\frac{1}{2}$ p C^2.

Betrachtet man ein in der Entfernung C von der eingelaſſenen Stelle liegendes Element c der Länge des feſten Körpers, ſo iſt der Theil der gleichmäßig vertheilten Belaſtung, welchen dieſes Element trägt, pc und ſein Moment im Verhältniß zum Einlaſſungsdurchſchnitt iſt p C c. Um die Summe aller dieſer Momente der gleichmäßigen Belaſtung zu erhalten, muß man die Produkte p C c ſummiren. Nun iſt dieſe Summe aber, wie bekannt, gleich $\frac{1}{2}$ p C^2; folglich iſt die Totalſumme der Momente

$$M = PC + \tfrac{1}{2} pC^2.$$

161. Praktiſcher Werth der Zahl R. — Was die Zahl R betrifft, welche nach der Definizion aus §. 133 die permanente Extenſions- oder Kompreſſionskraft ausdrückt, welche jede Flächeneinheit des Körpers mit Sicherheit ertragen kann, ſo iſt ihr Werth bei den verſchiedenen Körpern für den Fall, wo die Kraft in der Richtung der Länge wirkt, in der Tabelle von §. 44 gegeben. Sobald es ſich aber um quere Biegungen, bei welchen gewiſſe Faſern verlängert und andere zuſammengezogen werden, und beſonders um körnige Körper, wie z. B. das Gußeiſen, handelt, ſo iſt die Hypotheſe der Gleichheit des Kompreſſions- und Extenſionswiderſtandes nur innerhalb ſehr enger Grenzen zuläßig, wie wir kennen gelernt haben, und die Belaſtung darf nicht bis zu der Grenze getrieben werden, wo die Elaſticität verändert wurde. Man muß ſich alſo einfach an die Beobachtung guter zugleich feſter und leichter Konſtrukzionen halten, und in Uebereinſtimmung mit den vergleichenden Beobachtungen dieſer Art nimmt man in den auf die Biegung der Körper bezüglichen Formeln die in der folgenden Tabelle enthaltenen Werthe für dieſe Größe an. Wir unterſcheiden in dieſer Tabelle gewöhnliche Materialien und Konſtrukzionen, und ausgewählte Materialien und leichte Konſtrukzionen.

Art der Materialien.	Werthe der Kraft, die man mit Sicherheit pro □ Met. des Querſchnitts aufladen kann.	
	Gewöhnliche Fälle	Ausgewählte Materialien und leichte Konſtrukz.
	Kil.	Kil.
Gußeiſen	7500000	10000000
Schmiedeiſen	6000000	8000000
Stahl { erſter Qualität .	16660000	22000000
Stahl { mittlerer Qualität	12500000	16633000
Eichen- oder Tannenholz .	600000	800000

In allen praktiſchen Formeln, die wir geben werden, gelten nur die erſten auf die gewöhnlichen Fälle bezüglichen Werthe von R; um aber die Formeln zu finden, welche für ausgewählte Materialien und leichte Konſtrukzionen paſſen, darf man nur den Koeffizienten der Formel, welche die Werthe der geſuchten Dimenſionen geben ſoll, um $\frac{1}{3}$ ſeines Werths erhöhen. Nach dieſer Bemerkung wird man ſich nöthigenfalls bei allen noch zu beſprechenden Fällen zu verhalten wiſſen.

Wir werden überdies in der Folge noch öfter Gelegenheit haben beſtehende Konſtrukzionen mit den Formeln zu vergleichen und zu beweiſen, daß ſich die von uns angenommenen Werthe der Zahl R beinahe immer denjenigen bedeutend nähern, welche man aus den Diskuſſionen dieſer Art ableitet. In gewiſſen Fällen wird man ſogar bemerken, daß die Zahl R geringere Werthe als die vorſtehenden erhalten muß.

Nach dieſen Präliminarien hat die Unterſuchung der praktiſchen Formeln für die verſchiedenen gebräuchlichen Fälle keine Schwierigkeiten mehr.

162. Ein prismatiſcher feſter Körper, mit einem Ende eingelaſſen, einer auf ſein anderes Ende ſenkrecht zu ſeiner

Digitized by Google

Länge C wirkenden Kraft P und einer in derselben Richtung wie P wirkenden gleichmäßig auf seine Länge vertheilten Belastung unterworfen. — In diesem Fall ist mit den vorigen Bezeichnungen

$$\frac{J}{v'} = \tfrac{1}{6} a b^2,\quad M = P C + \tfrac{1}{2} p C^2 = (P + \tfrac{p C}{2}) C,$$

und besteht der Körper aus Gußeisen, so ist

$$R = 7500000 \text{ Kil.};$$

besteht er aus Schmiedeisen $R = 6000000$ Kil., oder bei Eichen- oder Tannenholz $R = 600000$ Kil.

Die Formel $\frac{J}{v'} = \frac{M}{R}$ lautet also:

bei dem Gußeisen $$\tfrac{1}{6} a b^2 = \frac{(P + \frac{p C}{2}) C}{7500000},$$

$$\text{oder } a b^2 = \frac{(P + \frac{p C}{2}) C}{1250000}$$

bei dem Schmiedeisen $$\tfrac{1}{6} a b^2 = \frac{(P + \frac{p C}{2}) C}{6000000}$$

$$\text{oder } a b^2 = \frac{(P + \frac{p C}{2}) C}{1000000}$$

bei dem Holz $$\tfrac{1}{6} a b^2 = \frac{(P + \frac{p C}{2}) C}{600000}$$

$$\text{oder } a b^2 = \frac{(P + \frac{p C}{2}) C}{100000}.$$

163. Cylindrischer fester Körper mit kreisförmigem Durchschnitt und unter denselben Bedingungen wie der vorige. — In diesem Falle ist (§. 151) $\frac{J}{v'} = \frac{1}{4} 3{,}1416\, R^3 = 0{,}0982\, D^3$, wenn wir mit D den Durchmesser des Cylinders bezeichnen, und die Formel $\frac{J}{v'} = \frac{M}{R}$ lautet also:

bei dem Gußeisen $$0{,}0982\, D^3 = \frac{(P + \frac{p C}{2}) C}{7500000},$$

$$D^3 = \frac{(P + \frac{p C}{2}) C}{736312},$$

bei dem Schmiedeisen $$0{,}0982\, D^3 = \frac{(P + \frac{p C}{2}) C}{6000000},$$

$$D^3 = \frac{(P + \frac{p C}{2}) C}{589050},$$

bei dem Holz $$0{,}0982\, D^3 = \frac{(P + \frac{p C}{2}) C}{600000},$$

$$D^3 = \frac{(P + \frac{p C}{2}) C}{58905}.$$

164. Zapfen der Wasserräder. — Bei den Zapfen von Wasserrädern und bei denen von Fortpflanzungswellen, die sich durch die Reibung abnützen, gibt man der Zahl R passend einen geringeren Werth, und die Erfahrung hat ihn auf die Hälfte des vorstehenden Werthes herabgesetzt. Man hat also $R = 3750000$ Kil. für das Gußeisen, folglich

$$D^3 = \frac{P C}{368156}.$$

165. Fall, wo der in §. 160 betrachtete Körper die doppelte T Form hat. — Aus §. 144 weiß man, daß in diesem Fall $\frac{J}{v'} = \frac{1}{6} \frac{a b^3 - 2 a' b'^3}{b}$ ist; folglich wäre die Formel $\frac{J}{v'} = \frac{M}{R}$ für das Gußeisen

$$\tfrac{1}{6} \frac{a b^3 - 2 a' b'^3}{b} = \frac{(P + \frac{p C}{2}) C}{7500000}$$

$$\text{oder } \frac{a b^3 - 2 a' b'^3}{b} = \frac{(P + \frac{p C}{2}) C}{1250000},$$

und für das Schmiedeisen

$$\tfrac{1}{6} \frac{a b^3 - 2 a' b'^3}{b} = \frac{(P + \frac{p C}{2}) C}{6000000}$$

$$\text{oder } \frac{a b^3 - 2 a' b'^3}{b} = \frac{(P + \frac{p C}{2}) C}{1000000}.$$

166. Hohle Röhren mit rechteckigem Durchschnitt. — In dem Falle, wo der Querdurchschnitt des an einem Ende festgehaltenen und den in §. 162 angegebenen Kräften unterworfenen Körpers der einen hohlen Röhre von rechteckigem oben und unten symmetrischem Durchschnitt wäre, so müßte gleich sein $J = \frac{1}{12}(a b^3 - a' b'^3)$ und $\frac{J}{v'} = \frac{1}{6} \frac{a b^3 - a' b'^3}{b}$, und folglich wäre die Formel

für das Gußeisen $$\tfrac{1}{6} \frac{a b^3 - a' b'^3}{b} = \frac{(P + \frac{p C}{2}) C}{7500000}$$

$$\text{oder } \frac{a b^3 - a' b'^3}{b} = \frac{(P + \frac{p C}{2}) C}{1250000}.$$

Digitized by Google

für das Schmiedeiſen $\frac{1}{6}\frac{a b^3 - a' b'^3}{b} = \frac{(P + \frac{pC}{2})C}{6000000}$

oder $\frac{a b^3 - a' b'^3}{b} = \frac{(P + \frac{pC}{2})C}{1000000}$,

und für das Holz $\frac{1}{6}\frac{a b^3 - a' b'^3}{b} = \frac{(P + \frac{pC}{2})C}{600000}$

oder $\frac{a b^3 - a' b'^3}{b} = \frac{(P + \frac{pC}{2})C}{100000}$.

167. Feſter Körper, deſſen Profil ein Kreuz iſt. — Aus §. 150 weiß man, daß hier $\frac{J}{v'} = \frac{1}{6}\frac{a b^3 + 2 a' b'^3}{b}$, folglich iſt die Formel $\frac{J}{v'} = \frac{M}{R}$

für das Gußeiſen $\frac{1}{6}\frac{a b^3 + 2 a' b'^3}{b} = \frac{(P + \frac{pC}{2})C}{7500000}$

oder $\frac{a b^3 + 2 a' b'^3}{b} = \frac{(P + \frac{pC}{2})C}{1250000}$,

für das Schmiedeiſen $\frac{1}{6}\frac{a b^3 + 2 a' b'^3}{b} = \frac{(P + \frac{pC}{2})C}{6000000}$

oder $\frac{a b^3 + 2 a' b'^3}{b} = \frac{(P + \frac{pC}{2})C}{1000000}$,

und für das Holz $\frac{1}{6}\frac{a b^3 + 2 a' b'^3}{b} = \frac{(P + \frac{pC}{2})C}{600000}$

oder $\frac{a b^3 + 2 a' b'^3}{b} = \frac{(P + \frac{pC}{2})C}{100000}$.

168. Modifikazion vorſtehender Formeln. — Iſt der feſte Körper nur der Laſt P unterworfen, die auf ſein Ende drückt, oder kann man ſein Eigengewicht, welches eine gleichmäßig vertheilte Belaſtung iſt, übergehen, ſo kann man in allen den obigen Formeln p gleich Null ſetzen, und erhält ſomit diejenigen Formeln, die ſich nur auf die äußere Kraft P beziehen. Drückt dagegen keine Laſt auf das Ende und iſt der Körper nur einer gleichmäßigen Belaſtung unterworfen, ſo iſt P gleich Null, und es ergeben ſich die praktiſchen Formeln für dieſen Fall. Wir glauben nicht dieſe durch die Ausſtoßung eines Ausdrucks dergeſtalt vereinfachten Formeln hier anführen zu müſſen.

169. Fall, wo die Laſt P und die gleichmäßig vertheilte pC in entgegengeſetzter Richtung wirken. — Die Momente PC und $\frac{1}{2} p C^2$ haben alsdann entgegengeſetzte Zeichen und es iſt

$\frac{RJ}{v'} = PC - \frac{1}{2} p C^2$ oder $\frac{RJ}{v'} = \frac{1}{2} p C^2 - PC$,

je nachdem nach den Daten des fraglichen Falles

$$P > \frac{1}{2} p C \text{ oder } \frac{1}{2} p C > P.$$

Die Krümmung am Einlaſſungsdurchſchnitt könnte alsdann Null ſein, wenn (§. 201) $P = \frac{1}{6} p C$ wäre.

170. Fall, wo das Prisma Drucken unterworfen iſt, die ſenkrecht zu ſeiner Länge und in ſeiner mittleren longitudinalen Ebene wirken, die aber auf jede beliebige Weiſe vertheilt ſind. — Nehmen wir zuerſt an, es handle ſich um die beiden Kräfte P und Q (Figur 23), die in den Entfernungen C und C' von dem Einlaſſungsdurchſchnitt in einer und derſelben Richtung wirken und um $D = C - C'$ von einander entfernt ſind. Betrachtet man nun wieder irgend einen in JK gemachten Durchſchnitt, der in der Entfernung X von der Richtung der Kraft P liegt, ſo iſt das Gleichgewichtsverhältniß zwiſchen den in dieſem Durchſchnitt entwickelten molekulären Widerſtänden und den äußeren Kräften P und Q

$$\frac{RJ}{v'} = PX + Q(X - D) = (P + Q)X - QD.$$

Hier muß offenbar wieder der Werth der Momentenſumme der äußeren Kräfte am Einlaſſungsdurchſchnitt, wo $X = C$ iſt, am größten ſein; für dieſen Durchſchnitt und für die Berechnung der permanenten Belaſtung erhält man alſo

$$\frac{RJ}{v'} = (P + Q)C - QD.$$

Die obige Gleichung drückt überdies augenſcheinlich aus, daß die auf das Ende drückende Laſt P um eine Belaſtung $Q \cdot \frac{C - D}{C}$ vermehrt worden, deren Moment im Verhältniß zum Einlaſſungsdurchſchnitt offenbar $Q(C - D) = QC'$ wäre.

Da dieſelbe Bemerkung auch für andere in der nämlichen Richtung wirkende und auf jede mögliche Art und Weiſe vertheilte Kräfte gilt, ſo braucht man nur die Momente aller dieſer Kräfte im Verhältniß zu dem Einlaſſungsdurchſchnitt zu ſummiren, oder ſie reſp. im Verhältniß ihrer Entfernung C' von dieſem Durchſchnitt zur Totallänge C des Körpers zu reduciren und ſie als addirt zur Kraft P zu betrachten. Man bringt alsdann die Totalſumme der Momente oder das Moment der Totalkraft in Gleichung mit dem

Digitized by Google

Ausdruck $\frac{RJ}{v'}$, welcher die Momentenſumme der molekulären Widerſtände des Einlaſſungsdurchſchnitts ausdrückt.

171. Fall, wo das Prisma überdies eine gleichmäßig vertheilte Belaſtung trägt. — Hätte das Prisma überdies eine gleichmäßig auf ſeine Länge vertheilte Belaſtung pC zu tragen, ſo müßte man wie oben zu dem Moment der äußeren Kräfte $\frac{1}{2}pC^2$ addiren, und das permanente Gleichgewicht in dem vorhergehenden Fall zweier Kräfte wäre alsdann

$$\frac{RJ}{v'} = (P + Q \cdot \frac{CD}{C})C + \frac{1}{2}pC^2 = (P + Q \cdot \frac{C-D}{C} + \frac{1}{2} \cdot pC)C = PC + QC' + \frac{1}{2}pC^2.$$

172. Fall, wo die Kräfte in entgegengeſetzten Richtungen wirken. — Würde (Fig. 24) die Kraft P von unten nach oben und die Kraft Q von oben nach unten wirken, ſo wäre das Gleichgewichtsverhältniß in Bezug auf irgend einen zwiſchen der Richtung von Q und dem Einlaſſungsdurchſchnitt liegenden Querſchnitt

$$\frac{RJ}{v'} = PX - Q(X-D) \text{ oder } \frac{RJ}{v'} = Q(X-D) - PX,$$

je nachdem eins oder das andere der Momente PX oder $Q(X-D)$ das Uebergewicht hätte.

Erinnert man ſich aus §. 133, daß $\frac{RJ}{v'} = \frac{EJ}{r}$ iſt, ſo ſieht man, daß das Verhältniß $\frac{RJ}{v'}$ und folglich die Krümmung $\frac{1}{r}$ Null oder der Krümmungsradius für den Durchſchnitt, deſſen Moment $PX = Q(X-D)$ iſt, unendlich wäre; daraus folgt, daß

$$X = \frac{QD}{Q-P}.$$

Dieſer Punkt iſt aber genau der Angriffspunkt der Reſultante der Kräfte P und Q. An dieſer Stelle iſt die Krümmung Null; da aber auf beiden Seiten dieſes Punktes die Piece in entgegengeſetzten Richtungen gekrümmt wird, ſo heißt man dieſen Punkt Inflexionspunkt der Kurve. Die Biegung ſchreitet alſo immer zunehmend von dieſem Punkt nach dem Einlaſſungsdurchſchnitt zu, wo $X = C$ iſt, fort, und folglich iſt

$$\frac{EJ}{r} = \frac{RJ}{v'} = PC - Q(C-D) = (P - Q \cdot \frac{CD}{C})C,$$

folglich $$\frac{RJ}{v'} = (Q \cdot \frac{C-D}{C} - P)C,$$

und ferner von demſelben Punkt bis dahin, wo die ſubſtraktive Größe $Q(X-D)$ gleich Null, oder wo $X = D$ iſt, woraus folgt, daß hier

$$\frac{EJ}{r} = \frac{RJ}{v'} = P \cdot D.$$

Nun kann es aber der Fall ſein, daß das Moment PD größer iſt als das Moment $(P - Q \cdot \frac{C-D}{C})C$ oder $(Q \cdot \frac{C-D}{C} - P)C$, und daß folglich da, wo $X = D$ die Krümmung am größten iſt, was man leicht erkennt und was eintritt, wenn $PD > Q(C-D) - PC$ oder $D > \frac{Q-P}{Q+P}C$; ein Ausdruck, der vorausſetzt, daß $Q > P$ iſt. Man muß alſo die Belaſtungen oder die Größe $\frac{J}{v'}$ nach dem größten Werth des Moments der auf den Körper drückenden Kräfte berechnen.

Offenbar würde man eben ſo verfahren, wenn man zur Wirkung der äußeren Kräfte die einer gleichmäßig vertheilten Belaſtung pC, deren Moment $\frac{1}{2}pC^2$ mit ſeinem Zeichen zur Summe der anderen Momente addirt werden müßte, hinzufügen ſollte. Das Gleichgewichtsverhältniß wäre alsdann

$$\frac{RJ}{v'} = PX - Q(X-D) - \frac{1}{2}pX^2,$$

folglich $$\frac{RJ}{v'} = Q(X-D) + \frac{1}{2}pX^2 - PX.$$

Der Inflexionspunkt, an welchem die Krümmung Null iſt, wird ausgedrückt durch das Verhältniß

$$PX - Q(X-D) - \frac{1}{2}pX^2 = 0$$

$$\text{oder } X^2 - \frac{2(P-Q)}{p}X - \frac{2QD}{p} = 0,$$

woraus $$X = P - Q \pm \sqrt{\frac{(P-Q)^2}{p} + \frac{2QD}{p}}.$$

Der negative Werth von X, der einen Inflexionspunkt rechts von dem Ende oder außerhalb des feſten Körpers anzeigt, kommt hier nicht in Betracht.

Auf der einen Seite wächſt die Biegung vom Inflexionspunkt bis zum Einlaſſungsdurchſchnitt, wo $X = C$ iſt, woraus

$$\frac{RJ}{v'} = PC - Q(C-D) - \frac{1}{2}pC^2 = PC - QC' - \frac{1}{2}pC^2$$

$$\text{oder } \frac{RJ}{v'} = QC' + \frac{1}{2}pC^2 - PC,$$

Digitized by Google

je nachdem $PC >$ oder $< Q C^1 + {}^1/_2 p C^2$. Uebrigens muß man $\frac{RJ}{v'}$ nach der größten der beiden Differenzen berechnen.

Auf der anderen Seite des Inflexionspunkts wächſt die Biegung ebenfalls und erreicht ihr Maximum da, wo die ſubſtraktive Größe Null iſt, woraus

$$Q(X - D) + {}^1/_2 p X^2 = o$$

$$\text{oder } X^2 + \frac{2QX}{p} - \frac{2QD}{p} = o$$

und folglich $$X = -\frac{Q}{p} \pm \sqrt{\frac{Q^2}{p^2} + \frac{2QD}{p}}.$$

Da hier nur der poſitive Werth in Frage kommt, ſo hat man den Werth

$$X = \frac{-Q + \sqrt{Q^2 + 2QDp}}{p};$$

man muß ſich überzeugen, ob der Werth von $\frac{RJ}{v'}$, welcher hieraus gefunden wird, größer oder kleiner iſt als derjenige, welcher der Einlaſſung entſpricht, um $\frac{J}{v'}$ daraus zu beſtimmen.

173. Prismatiſcher oder cylindriſcher feſter Körper, horizontal auf zwei Stützpunkte gelegt und in ſeiner Mitte ſenkrecht zu ſeiner Länge belaſtet. — Verhalten ſich in dieſem Fall die beiden Hälften des Körpers ſymmetriſch zueinander, ſo biegen ſie ſich gleichmäßig unter der Einwirkung der Belaſtung. Die im unteren Theile liegenden Faſern verlängern ſich und die im oberen Theile liegenden ziehen ſich zuſammen, und bald beſteht um die neutrale Achſe herum ein Gleichgewicht zwiſchen dem Widerſtand der ausgedehnten Faſern, dem der komprimirten, und der Wirkung der Belaſtung; der Körper erreicht einen ſtabilen Biegungszuſtand, und alle Molekularwiderſtände halten dem Druck der Belaſtung das Gleichgewicht. Sofort iſt der Querdurchſchnitt in der Mitte des Körpers unveränderlich geworden und läßt ſich als der Einlaſſungsdurchſchnitt jeder Hälfte betrachten; dieſe verhielten ſich alsdann genau ſo, als wären ſie an dieſer Stelle feſtgehalten und an dem auf den Stützpunkten aufliegenden Ende einer Kraft unterworfen, die der Hälfte der Totalbelaſtung gleich wäre und in entgegengeſetzter Richtung wirkte.

Bezeichnet man die Totalbelaſtung in der Mitte mit $2P$, und die Totaltragweite oder die Entfernung zwiſchen den Stützpunkten mit $2C$, ſo muß offenbar der Druck auf jeden der Stützpunkte gleich der Hälfte P der Belaſtung ſein, und hat der Körper das Gleichgewicht erreicht und verändert ſeine Form nicht weiter, ſo läßt er ſich betrachten, als ſtehe er in ſeiner Mitte feſt und ſei mit jedem ſeiner Enden der Kraft P unterworfen, die von jedem der zwei Stützpunkte entwickelt würde und mit dem Hebelarm C wirkte. Sofort läßt ſich jeder der beiden gleichen Theile des Körpers als ein feſter Körper anſehen, der an einem ſeiner Enden feſtgehalten oder eingelaſſen iſt (§. 129), und um das Gleichgewicht der molekulären und der äußeren Kräfte auszudrücken, gelten dieſelben Verhältniſſe

$$\frac{EJ}{r} = \frac{RJ}{v'} = PC,$$

für die verſchiedenen Formen des als konſtant vorausgeſetzten Profils, indem man für R und für $\frac{J}{v'}$ die auf das Material und das gewählte Profil bezüglichen Werthe ſetzt.

Bei jeder numeriſchen Anwendung dieſer und der folgenden Formeln darf man nicht vergeſſen, daß, wenn Gewicht und Tragweite gegeben ſind, für P und C reſp. nur die Hälfte dieſer Zahlen geſetzt werden darf, indem P die halbe Belaſtung in der Mitte und C nur die halbe Tragweite iſt.

174. Prismatiſcher oder cylindriſcher feſter Körper, horizontal auf zwei Stützpunkten liegend und in der Mitte ſenkrecht zu ſeiner Länge mit einer Laſt $2P$ und einer gleichmäßig vertheilten Belaſtung beſchwert. — Für dieſen Fall gelten dieſelben Bemerkungen, und man kann annehmen, der feſte Körper, der ſein Gleichgewicht erreicht hat, ſei mit ſeiner Mitte eingelaſſen, verändere ſeine Form nicht weiter, und jede ſeiner Hälften ſei einer Kraft $P + \frac{pC}{2}$ unterworfen, die ſenkrecht auf ſeine Länge und in der Entfernung C von dem Einlaſſungspunkt wirkt. Das Gleichgewichtsverhältniß zwiſchen Molekularwiderſtänden und äußeren Kräften wird ſomit ausgedrückt durch

$$\frac{EJ}{r} = \frac{RJ}{v'} = (P + \frac{pC}{2})C,$$

eine Formel, in welcher man für R den auf das Ma-

Digitized by Google

terial des Körpers bezüglichen Werth und für $\frac{J}{v'}$ den von dem als konſtant vorausgeſetzten Profil des Querdurchſchnittes abhängenden Werth ſetzt.

175. Bemerkungen über die Leichtigkeit, mit der ſich aus dem vorliegenden Fall die Geſetze der Biegung und des Bruches ableiten laſſen. — Die beiden ſo eben beſprochenen Fälle paſſen am beſten für experimentale Unterſuchungen, und ſie wurden zu dieſem Zweck auch am häufigſten angewendet. Schon im § 113 u. folg. haben wir mehrere der hauptſächlichſten von verſchiedenen Experimentatoren gewonnenen Reſultate angegeben; wir werden ſpäter noch andere anzuführen Gelegenheit haben. Hier wollen wir uns auf die Bemerkung beſchränken, daß man vorzüglich aus Beobachtungen an einem auf zwei Stützpunkten liegenden und in der Mitte belaſteten Körper die phyſikaliſchen Geſetze der Phänomene der Biegung und des Bruches durch die Einwirkung äußerer Kräfte ermitteln kann und ermittelt hat.

176. Ein Prisma oder Cylinder, frei auf zwei Stützpunkten liegend und in der Entfernung l' und l'' von den Stützen mit dem Gewicht $2P$ belaſtet. — Nennen wir den Abſtand zwiſchen den Stützen wieder $2C$, ſo iſt $l' + l'' = 2C$, und ſind P' und P'' die auf die Stützpunkte A und B (Fig. 25) ausgeübten Drucke, ſo hat man zuerſt, um dieſe Drucke, welche die Komponenten der Laſt $2P$ an dieſen Punkten ſind, zu beſtimmen: $P' \times 2C = 2Pl''$ und $P'' \times 2C = 2Pl'$, folglich

$$P' = \frac{Pl''}{C} \text{ und } P'' = \frac{Pl'}{C}.$$

Betrachtet man nun irgend einen Durchſchnitt JK des Körpers, der zwiſchen dem Stützpunkt A und dem Angriffspunkt M der Belaſtung in der Entfernung X von dem andern Stützpunkt B liegt, und ſucht man das Gleichgewichtsverhältniß, welches zwiſchen den äußeren Kräften, die rechts von dem Durchſchnitt JK wirken, und den molekulären Widerſtänden hergeſtellt werden muß, ſo iſt mit Anwendung der allgemeinen Regel aus §. 125 und folg. und mit Subſtituirung von $2C - l''$ für l'

$$\frac{EJ}{r} = \frac{RJ}{v'} = P''X - 2P(X - l'') = \frac{Pl''}{C}(2C - X).$$

Da wo $X = 2C$ iſt oder an dem Punkt A iſt die Krümmung $\frac{1}{r}$ Null oder der Krümmungsradius unendlich; ihr Werth iſt am größten, wenn der von X am kleinſten iſt, d. h. wenn $X = l''$; mithin iſt der gefährliche Durchſchnitt am Angriffspunkt der Kraft $2P$ ſelbſt.

Für irgend einen Durchſchnitt $J'K'$, der zwiſchen dem Angriffspunkt M der Laſt $2P$ und dem Stützpunkt B in einer Entfernung X' von dieſem Punkte liegt, iſt das permanente Gleichgewichtsverhältniß

$$\frac{EJ}{r} = \frac{RJ}{v'} = P''X' = \frac{Pl''}{C} = \frac{P(2C - l'')}{C}X'.$$

Sein größter Werth tritt ein, ſobald $X' = l''$ iſt, folglich iſt

$$\frac{EJ}{r} = \frac{RJ}{v'} = \frac{P(2C - l'')}{C}l'' = \frac{Pl'l''}{C}.$$

177. Fall, wo das Prisma überdies gleichmäßig belaſtet iſt. — Bezeichnen wir wieder mit p die Belaſtung pro laufenden Meter, ſo iſt zuerſt

$$P' \times 2C = 2Pl'' + 2pC^2$$

und $$P'' \times 2C = 2Pl' + 2pC^2,$$

folglich $P' = \frac{2Pl'' + 2pC^2}{2C}$ und $P'' = \frac{2Pl' + 2pC^2}{2C}$.

Hieraus ergibt ſich für den Durchſchnitt JK zwiſchen A und M

$$\frac{EJ}{r} = \frac{RJ}{v'} = P''X - 2P(X - l'') - \tfrac{1}{2}pX^2$$

$$= 2\frac{Pl''}{2C}(2C - X) + \tfrac{1}{2}pX(2C - X),$$

und für irgend einen Durchſchnitt $J'K'$, der zwiſchen dem Angriffspunkt M der Laſt $2P$ und dem Stützpunkt B in einer Entfernung X' vom Punkt A liegt, beträgt das Verhältniß des permanenten Gleichgewichts

$$\frac{EJ}{r} = \frac{RJ}{v'} = P''X' - \tfrac{1}{2}pX'^2 = X'\left[\frac{2Pl''}{2C} + \tfrac{1}{2}p(2C - X')\right].$$

Iſt in dem erſten Ausdruck $X = 2C$, ſo iſt $\frac{EJ}{r}$ gleich Null; dies bedeutet, daß die Krümmung in A Null oder der Krümmungsradius unendlich iſt, woraus folgt, daß $2C - X = 2C - l'' = l'$ iſt; die Formel lautet alſo

$$\frac{EJ}{r} = \frac{RJ}{v'} = \frac{Pl''}{2C}[2P + \tfrac{1}{2}p(2C)].$$

Digitized by Google

In der That erreicht der erste Ausdruck der obigen Gleichung

$$\frac{2\,P\,l''}{2\,C}(2\,C - X)$$

sein Maximum offenbar dann, wenn der Werth $X = l''$ des Abstandes zwischen dem Durchschnitt J K und dem Punkt B am kleinsten ist, und was den zweiten Ausdruck betrifft, so wächst der Faktor $X\,(2\,C - X)$, der gleich ist dem Quadrat der Ordinate eines Kreises, dessen Durchmesser $A\,B = 2\,C$ wäre, von $X = 2\,C$ an in dem Maße, als X kleiner wird, und erreicht seinen größten Werth, wenn $X = C$ ist, d. h. jenseits des Punktes M.

Mithin ist bei dem Theil A M des gebogenen festen Körpers das Maximum der Krümmung in M.

Bei dem andern Theil M B ist die Krümmung in B, oder wenn $X' = 0$ ist, wieder Null, und was das Maximum betrifft, so erreicht der erste Ausdruck des zweiten Gliedes $\frac{2\,P\,l'}{2\,C}\,X'$ sein Maximum bei $X' = l''$, der zweite Ausdruck $\frac{1}{2}\,p\,(2\,C - X')\,X$ aber bei $X' = C$, wie man oben gesehen hat; folglich muß das Maximum ihrer Summe zwischen dem Punkt M und der Mitte der Piece oder der Tragweite liegen, und dies ist der gefährliche Punkt.

Um den Ort dieses Punktes der größten Krümmung zu bestimmen, muß man mehrere Werthe des zweiten Gliedes, die den von $X = l''$ an abnehmenden Werthen von X entsprechen, berechnen; die Werthe von X müßte man als Abscissen einer Kurve nehmen, deren Ordinaten die Werthe des zweiten Gliedes $X'\left[\frac{2\,P\,l'}{2\,C} + \frac{1}{2}\,p\,(2\,C - X')\right]$ wären, und müßte diese Werthe hinlänglich vervielfachen, um das Maximum zu erreichen und zu überschreiten, das dem höchsten Punkte der Kurve entspricht; dieser so wie seine Abscisse lassen sich alsdann durch die Methode, welche wir in dem ersten Theil dieser Abhandlung behufs der Bestimmung des Berührungspunktes einer mit einer gegebenen geraden Linie parallelen Tangente angegeben haben, leicht ermitteln.

178. *Ein Prisma, auf zwei Stützpunkten liegend und mit beliebig vertheilten Gewichten belastet.* — Nehmen wir an (Fig. 26), ein Prisma oder Cylinder, liege auf zwei Stützen und trage die Gewichte $P_1\ P_2\ P_3\ P_4\ P_5\ P_6$, die in den Entfernungen $l'_1\ l'_2\ l'_3\ l'_4\ l'_5\ l'_6$ von dem Stützpunkt A, und in den Entfernungen $l''_1\ l''_2\ l''_3\ l''_4\ l''_5\ l''_6$ von dem Stützpunkt B lägen, und befolgen wie bisher die einfache Diskussionsmethode Poncelet's, so ist es klar, daß die auf die Stützpunkte A und B ausgeübten Drucke P' und P'' nach der Theorie der parallelen Kräfte ausgedrückt werden durch

$$P' = \frac{P_1\,l''_1 + P_2\,l''_2 + P_3\,l''_3 + \text{etc.}\ldots}{2\,C}$$

und $$P'' = \frac{P_1\,l'_1 + P_2\,l'_2 + P_3\,l'_3 + \text{etc.}\ldots}{2\,C},$$

und das Gleichgewichtsverhältniß eines z. B. zwischen zwei Puukten A_2 und A_3 und in einer Entfernung X von dem Stützpunkt B liegenden Durchschnitts J K ist folglich

$$\frac{E\,J}{r} = \frac{R\,J}{v'} = P''\,X - P_6\,(X - l''_6) - P_4\,(X - l''_4) - P_5\,(X - l''_5) - \text{ꝛc.}\ldots,$$

woraus $$\frac{E\,J}{r} = \frac{R\,J}{v'} = (P'' - P_3 - P_4 - P_5 - \text{ꝛc.})\,X + P_6\,l''_3 + P_4\,l''_4 + P_5\,l''_5 + \text{ꝛc.}$$

Nun wächst aber das zweite Glied und folglich die Krümmung mit X, wenn $P'' > P_3 + P_4 + P_5 + \text{u. s. w.}$, und die größte Krümmung findet je nach dem Falle in einem der Punkte A_1 oder A_2 statt. Die größte Krümmung also ist an einem der Angriffspunkte, und der gefährliche Durchschnitt ist da, wo das zweite Glied dieses Verhältnisses ein Maximum ist, was sich leicht erkennen läßt.

Findet man z. B., daß dieses zweite Glied seinen größten Werth im Punkte A_3 hat, so setzt man $X = l''_3$ und erhält alsdann das Gleichgewichtsverhältniß

$$\frac{E\,J}{r} = \frac{R\,J}{v'} = (P'' - P_4 - P_5 - P_6 - \text{ꝛc.})\,l''_3 + P_4\,l''_4 + P_5\,l''_5 + \text{ꝛc.}\ldots;$$

folglich kennt man den Werth von $\frac{J}{v'}$, der behufs der Dauerhaftigkeit der Konstrukzion angenommen werden muß.

179. *Fall, wo die Kräfte auf zwei gleiche Kräfte reducirt sind, die in resp. unter sich gleichen Entfernungen von den Stützpunkten wirken.* — In diesem Fall (Fig. 27) ist 2 P die Totalbelastung, wenn man die Last in jedem der in der Entfernung l von den Stützen liegenden Punkten P nennt, und die Drucke P' und P'' auf die Stützen sind daher

Digitized by Google

$$P' = P'' = \frac{Pl + P(2C-l)}{2C} = P.$$

Das Gleichgewicht irgend eines in der Entfernung X vom Punkt B liegenden Durchſchnitts JK hat alſo die Formel

$$\frac{EJ}{r} = \frac{RJ}{v'} = PX - P(X-l) = Pl.$$

Da das zweite Glied dieſes Verhältniſſes zwiſchen den Angriffspunkten A_1 und A_2 der Kräfte das nämliche bleibt, ſo folgt, daß in dieſem Zwiſchenraum die Krümmung konſtant iſt und daß die Kurve ein Kreis mit dem Radius

$$r = \frac{EJ}{Pl},$$

der Krümmungspfeil dieſes Bogens iſt gleich dem Pfeil des Bogens, deſſen Sehne A_1A_2 und deſſen Radius r iſt, und folglich gleich

$$\tfrac{1}{4}\frac{(A_1A_2)^2}{2r} = \frac{Pl(2C-2l)^2}{8EJ}.$$

Zu dieſem Pfeil des Bogens muß man den der beiden Enden addiren, die man als zwei in A_1 oder in A_2 eingelaſſene feſte Körper betrachten kann; ihr Pfeil iſt $\frac{1}{3}\frac{Pl^3}{EJ}$, wie man im §. 202 ſehen wird. Mithin iſt die Totalbiegung

$$\tfrac{1}{3}\frac{Pl^3}{EJ} + \frac{Pl(2C-2l)^2}{8EJ}.$$

Prüft man die Gleichung des Gleichgewichts, ſo erkennt man übrigens leicht, daß dieſe Vertheilung der Belaſtung für die Feſtigkeit viel günſtiger iſt, als wenn dieſe Laſt 2P auf die Mitte der Piece drückte; auch iſt dieſe Dispoſizion bei Waſſerrädern ſehr im Gebrauche.

180. Fall, wo das Gewicht des feſten Körpers oder eine gleichmäßig vertheilte Belaſtung in Rechnung gebracht werden ſoll. — Hier iſt offenbar $P' = P'' = P + pC$ und das Gleichgewichtsverhältniß in irgend einem zwiſchen den Puukten A_1 und A_2 liegenden Durchſchnitts JK iſt

$$\frac{EJ}{r} = \frac{RJ}{v'} = P'X - P(X-l) - \frac{pX^2}{2} = Pl + \frac{pX}{2}(2C-X).$$

Da der größte Werth des zweiten Gliedes offenbar der Mitte der Länge des Körpers (z. B. einer Welle) entſpricht, ſo muß auch daſelbſt der gefährliche Durchſchnitt liegen. An dieſer Stelle iſt alſo $X = C$ und

$$\frac{EJ}{r} = \frac{RJ}{v'} = Pl + \frac{pC^2}{2}.$$

Dieſe Formel gilt für die Wellen der Waſſerräder, wenn man ihr Eigengewicht in Rechnung bringen will.

181. Andere Anwendungen auf die Wellen von Waſſerrädern. — Die Waſſerräder beſtehen in der Regel aus Rippen oder Armen, welche die Schaufeln oder Zellen tragen, auf die das Waſſer einwirkt. Die Rippen, gewöhnlich zwei, drei, vier oder mehrere an der Zahl, ſind nicht immer ſymmetriſch zu den Stützpunkten auf die Länge der Welle vertheilt. Die allgemeinen Betrachtungen aus §. 178 paſſen ſich leicht dieſen verſchiedenen Fällen an; aber es iſt von Nutzen, wenn wir direkt zeigen, welche Folgen dieſe Vertheilungsart der Rippen hat.

1. Fall, wo die Laſt zu gleichen Theilen auf zwei Punkten A_1 und A_2 vertheilt iſt (Fig. 28), die in den Entfernungen l und l' von den Stützen A und B liegen.

Die Drucke P' und P'' auf die Stützen werden ausgedrückt durch

$$P' = \frac{P(2C-l) + Pl'}{2C} = \frac{P.2C + P(l'-l)}{2C}$$

und $$P'' = \frac{PC(2C-l') + Pl}{2C} = \frac{P.2C - P(l'-l)}{2C}.$$

Ferner das Gleichgewichtsverhältniß irgend eines zwiſchen A_1 und B_2 in der Entfernung X von dem Stützpunkte B liegenden Durchſchnitts JK iſt

$$\frac{EJ}{r} = \frac{RJ}{v'} = P''X - P(X-l') = (P''-P)X + Pl'.$$

Da nach dem obigen Werthe von P''

$$P'' - P = \frac{P(l-l')}{2C} = -\frac{P(l'-l)}{2C}$$

iſt, nun aber $A'' > P$, folglich $l > l'$, ſo muß der gefährliche Punkt in A_1 ſein. Iſt $P'' < P$. folglich $l < l'$, ſo iſt A_2 dieſer Punkt. In dem erſten Falle iſt $X = 2C - l$, und die Gleichung des permanenten Gleichgewichts wird ausgedrückt durch

$$\frac{EJ}{r} = \frac{RJ}{v'} = \frac{P(l-l')}{2C}(2C-l) + Pl' = Pl - \frac{Pl(l-l')}{2C}.$$

In dem zweiten Fall iſt $X = l'$, und folglich

$$\frac{EJ}{r} = \frac{RJ}{v'} = Pl' - \frac{P(l'-l)}{2C}l'.$$

Um alſo von der Dauerhaftigkeit des Baues überzeugt ſein zu können, braucht man bloß die Werthe der zweiten Glieder dieſer Verhältniſſe zu berechnen und das erſte Glied $\frac{RJ}{v'}$ dem größten der beiden gleich zu ſetzen.

2. Fall, wo die Laſt 2P zu gleichen Theilen auf drei gleich weit voneinander abſtehenden Stützpunkten vertheilt iſt.

Digitized by Google

Behält man die Bezeichnungen aus §. 178 bei und macht $P_1 = P_2 = P_3 = \frac{2P}{3}$, ſo iſt zuvörderſt

$$P' = \frac{2P}{3}\,\frac{(l''_1+l''_2+l''_3)}{2C} \text{ und } P'' = \frac{2P}{3}\,\frac{(l'_1+l'_2+l'_3)}{2C};$$

und das Gleichgewichtsverhältniß eines zwiſchen A_1 und A_2 in der Entfernung X von dem Stützpunkt B liegenden Durchſchnittes JK iſt

$$\frac{EJ}{r} = \frac{RJ}{v'} = (P'' - \tfrac{1}{3}P)\,X + \tfrac{2}{3}P\,(l''_2 + l''_3).$$

Iſt $P'' > \frac{1}{3}P$, folglich $l'_1 + l'_2 + l'_3 > 4C$, ſo iſt der gefährliche Punkt in A_1 und entſpricht $X = l''_1$. Das Gleichgewichtsverhältniß iſt alſo

$$\frac{EJ}{r} = \frac{RJ}{v'} = \tfrac{2}{3}P\left(\frac{l'_1+l'_2+l'_3}{2C}\right) l''_1 - \tfrac{1}{3}P\,l''_1 + \tfrac{2}{3}P\,(l''_2 + l''_3).$$

Weil nun $\frac{l'_1 + l'_2 + l'_3}{3} = l'_2$ und $l''_1 - l''_2 = l''_2 - l''_3 = d$ iſt, mit welchem Buchſtaben wir den Abſtand der Rippen bezeichnen, ſo iſt

$$\frac{EJ}{r} = \frac{RJ}{v'} = \frac{P}{C}\,l''_1\,l'_2 - 2Pd.$$

Iſt dagegen $P'' < \frac{4}{3}P$, folglich $l'_1 + l'_2 + l'_3 < 4C$, ſo iſt der gefährliche Punkt in A_2 und entſpricht der Gleichung $X = l''_2$; folglich iſt

$$\frac{EJ}{r} = \frac{RJ}{v'} = \frac{P}{C}\,l''_2\,l'_2 - \tfrac{2}{3}Pd.$$

Das Gleichgewicht des dritten Stützpunktes A_3 endlich wird ausgedrückt durch

$$\frac{EJ}{r} = \frac{RJ}{v} = \frac{P}{C}\,l''_3\,l'_2.$$

Man muß hier wieder den Werth jedes zweiten Gliedes der obigen Verhältniſſe berechnen und den größten derſelben dem Werthe von $\frac{RJ}{v'}$ gleich ſetzen. Eben ſo müßte man verfahren, wenn die Belaſtung zu gleichen Theilen auf vier Stützpunkte vertheilt wäre.

182. *Ein feſter Körper, auf einem Stützpunkte aufliegend, mit dem andern Ende eingelaſſen und einer auf irgend einem Punkt ſeiner Länge drückenden Laſt P unterworfen.* — Bezeichnet man (Fig. 29) mit C wieder den Abſtand zwiſchen Stütze und Einlaſſung, ferner mit C' den Hebelarm der Laſt P, ſo iſt die Reakzion Q' des Stützpunktes nach Navier's Theorie,*) die hier nicht näher auseinandergeſetzt werden kann,

$$Q' = -P\,.\,\frac{C'^2\,(3C - C')}{2C^3},$$

und wenn $C' = \frac{1}{2}C$ iſt, ſo läßt ſich der Ausdruck auf $Q' = -\frac{5}{16}P$ reduciren. Dieſe Theorie wurde durch die Verſuche des Waſſerbau-Ingenieur's Guillebon beſtätigt, weßhalb wir ſie hier ohne nähere Beweisführung gelten laſſen.

Es leuchtet ein, daß in dieſem Ausdruck beſtändig $C' < C$ und folglich $Q' < P$ iſt. Mithin läßt ſich der Widerſtand der Stütze als eine Kraft betrachten, die von unten nach oben wirkt, ſo daß dieſer Fall derſelbe iſt wie der eines eingelaſſenen feſten Körpers, welcher der Wirkung zweier in entgegengeſetzter Richtung drückender Kräfte unterworfen iſt (ſiehe §. 172). Die Gleichung, welche das Gleichgewicht der molekulären Widerſtände und der äußeren Kräfte ausdrückt, iſt alſo für irgend einen in der Entfernung X von dem Stützpunkt liegenden Durchſchnitt JK des feſten Körpers, mit Beibehaltung der früheren Bezeichnungen, folgende:

$$\frac{RJ}{v'} = Q'X - P(X - D) = (Q' - P)\,X + PD;$$

der größte Werth dieſer Gleichung entſpricht offenbar dem Fall, wo $X = C$ iſt.

Hier wie im §. 172 findet man den Inflexionspunkt, wenn man annimmt, $\frac{RJ}{v'} = \frac{EJ}{r}$ ſei gleich Null; folglich iſt $\frac{1}{r}$ oder die Krümmung ebenfalls Null, und man erhält zur Beſtimmung dieſes Punktes die Gleichung

$$X = \frac{PD}{P - Q'} = \frac{2C^3D}{2C^3 - 2C'^2C - C'^3};$$

ein Ausdruck, in welchem man für Q' nur ſeinen abſoluten Werth

$$P\,.\,\frac{C'^2\,(3C - C')}{2C^3}$$

zu ſubſtituiren braucht; da die Biegung von dieſem Punkt aus bis zum Einlaſſungsdurchſchnitt einerſeits und bis zu dem auf der Stütze aufliegenden Punkte anderſeits wächſt, ſo erhält man für den erſten Theil, indem $X = C$ iſt, die Gleichung

$$\frac{RJ}{v'} = Q'\,C - P\,(C - D);$$

für den zweiten Theil wird die Biegung offenbar der Gleichung $X = D$ entſprechen, woraus folgt, daß hier

$$\frac{RJ}{v'} = Q'\,D.$$

Man muß aber dieſe beiden Werthe berechnen und mit dem größten derſelben $\frac{RJ}{v'}$ beſtimmen. Uebrigens iſt für Q' ſein oben angegebener abſoluter Werth zu ſubſtituiren.

*) Leçons sur l'application de la Mécanique, par Navier, première partie, page 235.

Digitized by Google

Wäre der feſte Körper außer der Laſt P noch einer gleichmäßig vertheilten Belaſtung p C unterworfen, ſo würde das Gleichgewicht zwiſchen den molekulären Widerſtänden und den äußern Kräften ausgedrückt durch

$$\frac{RJ}{v'} = Q'X - P(X-D) + \frac{pX^2}{2} \text{ oder } \frac{RJ}{v'} = P(X-D) + \frac{pX^2}{2} - Q'X,$$

wo $Q' = \frac{pC'^2(3C-C')}{2C^3} - \frac{3}{8}PC$ iſt.

Weil in dieſem Ausdruck C' immer kleiner iſt als C, ſo iſt $Q' < P$.

Für den Inflexionspunkt erhielte man wieder das Verhältniß $Q'X - P(X-D) + \frac{pX^2}{2} =$ Null, folglich $X^2 + \frac{2(Q'-P)}{p}X + PD =$ Null, und ſomit

$$X = -\frac{Q'-P}{p} \pm \sqrt{\frac{(Q'-P)^2}{p^2} + PD}.$$

Da $Q' < P$ und die Frage nicht mit einem negativen X beantwortet werden kann, ſo muß man ſich auf den poſitiven Werth der Wurzel beſchränken. Geht man von dem Inflexionspunkte nach der Einlaſſung zu, ſo findet man augenſcheinlich, daß der größte Werth von $\frac{RJ}{v'}$ der Gleichung $X = C$ entſpricht; hieraus folgt, daß

$$\frac{RJ}{v'} = Q'C - P(C-D) + \frac{pC^2}{2};$$

zwiſchen dem nämlichen Punkt und dem Stützpunkt entſpricht das Maximum von $\frac{RJ}{v'}$ der Gleichung $X = D$, woraus folgt, daß

$$\frac{RJ}{v'} = Q'D - \frac{pD^2}{2}.$$

Der größte dieſer beiden Werthe dient zur Beſtimmung der Dimenſionen der Piece.

Da aber in den beiden eben beſprochenen Fällen $Q' < P$ iſt, ſo iſt es einleuchtend, daß wenn C' nur wenig von C differirt und z. B. gleich $\frac{3}{4}C$ iſt, Q' gleich 0,774 P ſein muß. Man kann alſo die Dimenſionen mit Sicherheit ganz ſo berechnen, wie wenn $Q' = P$ wäre; hierdurch werden die Formeln bedeutend vereinfacht, und ſie lauten nunmehr

$$\frac{RJ}{v'} = PD,$$

für den Fall, daß man die gleichmäßig vertheilte Belaſtung nicht in Rechnung bringt, und

$$\frac{RJ}{v'} = PD + \frac{pD^2}{2},$$

für den Fall, daß man dieſe berückſichtigt.

Dieſer Fall ereignet ſich zuweilen bei Pulver- und Artilleriemagazinen, wo Balken aus einem Stück in der Mauer eingelaſſen ſind oder auf Konſolen liegen und in ihrer Mitte von Pfoſten geſtützt werden, wo man alſo annehmen muß, daß ſie nicht ſowohl mit ihren Enden, ſondern viel mehr durch die Wirkung der Pfoſten nur mit ihrer Mitte eingelaſſen ſind.

Die feſten Körper mit gleichem Widerſtandsvermögen.

183. Von den feſten Körpern, die in allen ihren Durchſchnitten eine gleiche Widerſtandsfähigkeit darbieten. — Das Verhältniß $\frac{M}{R} = \frac{J}{v'}$ aus dem Paragraph 133, welches ausdrückt, daß das Reſultat der Diviſion des Moments der äußeren Kräfte im Verhältniß zu dem betrachteten Durchſchnitt durch die größte Kraftäußerung, welcher man die am meiſten verlängerte oder verkürzte Faſer unterziehen kann, gleich ſein muß dem Trägheitsmoment des Durchſchnitts im Verhältniß zur neutralen Achſe, getheilt durch die größte Ordinate des von dieſer Achſe ausgehenden Profils, tritt, wie man geſehen hat, auch in dem Falle wieder auf, wo nur eine einzige Kraft P vorhanden iſt, welche in einer Entfernung X von dem Durchſchnitt und parallel mit ſeiner Ebene wirkt, alſo:

$$\frac{PX}{R} = \frac{J}{v'}, \text{ woraus } \frac{P}{R} = \frac{J}{v'X}.$$

Dergeſtalt ſieht man, daß für ein gegebenes Material, deſſen R bekannt iſt, die Kraft P, welche irgend ein Durchſchnitt auszuhalten im Stande iſt, konſtant ſein muß, ſobald das zweite Glied $\frac{J}{v'X}$ für alle Durchſchnitte den nämlichen Werth hat.

So hat man z. B. für einen rechteckigen Durchſchnitt von der Breite a und von der Höhe b (§ 142) $\frac{J}{v'} = \frac{1}{6}ab^2$ oder $\frac{1}{6}ay^2$ für jedes Profil, deſſen Höhe y wäre. Hat nun aber das Längenprofil des Stücks überall die nämliche Breite a und variirt ſeine Höhe y dergeſtalt, daß immer $y^2 = 2kx$ iſt, was bei einem paraboliſchen Profil der Fall ſein würde, ſo erhält man

$$\frac{P}{R} = \frac{J}{v'X} = \frac{ay^2}{6X} = \frac{1}{3}ka,$$

einen konſtanten Werth, welcher anzeigt, daß der feſte Körper der Wirkung der äußern Kraft P überall den nämlichen Widerſtand entgegenſetzen wird.

Digitized by Google

Die Zahl k läßt sich übrigens leicht bestimmen, wenn man sich erinnert, daß für den Einlassungsdurchschnitt die Höhe $y = b$ durch das Verhältniß $PC = \frac{1}{6} R a b^2$ bestimmt ist, wo P, C, R und a bekannt sind, wenn die Breite des Stücks gegeben ist. Dies führt sofort zu dem Werth $k = \frac{b^2}{2C}$, wo b und C die Werthe haben, welche sich auf den Einlassungsdurchschnitt, beziehen. Man leitet alsdann für die Gleichung der Kurve des Längenprofils ab:

$$y^2 = 2kx = \frac{b^2}{C} x,$$

eine Formel, in welcher x die Abscisse der Profilkurve von dem Einwirkungspunkt der Kraft P aus, und y die Ordinate der Kurve bedeutet. Dieses ist die Formel für ein Profil, welches einerseits von einer Parallellinie, anderseits von der Achse dieser Kurve begrenzt wird. Das Widerstandsvermögen des Probestücks wäre ein doppeltes und stets konstant, wenn das Profil von den beiden Schenkeln der Parabel begrenzt wäre, weil alsdann jeder Durchschnitt doppelt so groß wäre als er ursprünglich war.

Nähme man dagegen b als konstant an, und machte man $a = C$ für den Einlassungsdurchschnitt, und $a = x$ für alle anderen, woraus für die Horizontalprojekzion des festen Körpers die Form eines Dreieckes erwachsen würde, dessen Basis der Höhe gleich wäre, so erhielte man

$$\frac{P}{R} = \frac{J}{v' C} = \frac{\frac{1}{6} a b}{C} = \frac{1}{6} b^2.$$

Wir werden hiedurch berechtigt Konsolen von gleicher Widerstandsfähigkeit aus platten Steinen oder aus Stücken von gleichmäßiger Dicke zu errichten. Ueberdies sieht man, daß sich für die Größen a, b und C noch andere Verhältnisse festsetzen ließen, um der Bedingung Genüge zu leisten, daß alle Durchschnitte gleiches Widerstandsvermögen haben.

184. *Feste Körper mit gleicher Widerstandsfähigkeit bei rundem Durchschnitt* — In diesem Falle hat man § 151:

$$J = \frac{1}{4} \pi R^4 \qquad v' = R'$$

und folglich $\frac{P}{R} = \frac{J}{v' X} = \frac{1}{4} \frac{\pi R^3}{X}$.

Man erhält also ein konstantes zweites Glied, wenn man zwischen dem Radius des Querdurchschnitts des Körpers und der Entfernung des betrachteten Durchschnitts zur Richtung der Kraft P das Verhältniß festsetzt

$$R'^3 = 2kX,$$

woraus $\frac{P}{R} = \frac{1}{2} \pi k$.

Hier ist 2k eine konstante Zahl, welche sich leicht bestimmen läßt, da für den Einlassungsdurchschnitt C bekannt ist und R durch das Verhältniß $\frac{P}{R} = \frac{1}{4} \frac{R'^3}{C} \pi$ bestimmt wird, woraus $2k = \frac{R'^3}{C} = \frac{4P}{\pi R}$ und folglich $y^3 = \frac{R'^3}{C} x$, indem man hier wieder mit x die Abscissen der Kurve, welche in der Achsenrichtung des festen Körpers vom Einwirkungspunkt der Kraft P aus gemessen sind, und mit y die Radien der entsprechenden Durchschnitte bezeichnet.

185. *Fall, wo der feste Körper nur einer gleichmäßig vertheilten, senkrecht auf seine Länge wirkenden Belastung unterworfen wird.* — Der allgemeine Ausdruck reducirt sich alsdann auf

$$\frac{RJ}{v'} = \frac{1}{2} p C^2,$$

und man sieht, daß der feste Körper eine gleiche Widerstandsfähigkeit in allen Durchschnitten entwickelt, wenn man nur die Bedingung erfüllt, daß $\frac{1}{2} \frac{P}{R} = \frac{J}{v' C^2}$ eine konstante Größe ist.

Handelt es sich z. B. um einen festen Körper mit rechteckigem Durchschnitt, für welchen $\frac{J}{v'} = \frac{1}{6} a b^2$ ist, und nimmt man a als konstant an, so wird man obige Bedingung erfüllen, wenn man $b^2 = 2k C^2$ setzt, und da für den Einlassungsdurchschnitt C gegeben und b durch

$$\frac{1}{6} \frac{a b^2}{C^2} = \frac{1}{2} \frac{P}{R} \text{ oder } b^2 = \frac{3 p C^2}{R}$$

bestimmt ist, so erhält man zwischen den Ordinaten y und den Abscissen des Längenprofils des festen Körpers das Verhältniß

$$y^2 = 2kx^2 = \frac{b^2}{C^2} x^2 \text{ oder } y = \frac{b}{C} x;$$

dies ist die Gleichung einer Geraden (Fig. 30), welche mit der oberen Fläche des als horizontal angenommenen festen Körpers einen Winkel bildet, dessen trigonometrische Tangente $\frac{b}{C}$ ist.

Diese Formel ist auf die Konsolen der Balkone anzuwenden, deren Belastung sich als gleichmäßig vertheilt betrachten läßt, wenn sie durchaus von einer großen Anzahl Personen eingenommen sind.

Digitized by Google

Wir werden ſpäter bei Gelegenheit der gebräuchlichen Formen und Verhältniſſe auf dieſe Betrachtung der feſten Körper von gleicher Widerſtandsfähigkeit zurückkommen und wollen uns daher für jetzt auf das Vorſtehende beſchränken, indem wir wiederholen, daß ſich die Bedingung des konſtanten Verhältniſſes $\frac{J}{v' C}$ auf mehrere Arten erfüllen läßt, unter welchen man diejenigen auswählen muß, welche je nach der Art der anzuwendenden Materialien zugleich die einfachſten und zweckmäßigſten ſind.

186. Fall, wo die Berechnung für mehrere Querdurchſchnitte zu machen iſt. — Bietet ein Stück ſolche Formen dar, daß das Verhältniß $\frac{J}{v'}$ veränderlich iſt, ſo muß man ſich bei Anwendung der Berechnung auf mehrere Querſchnitte gewiß ſein, daß ſie alle der Bedingung des Gleichgewichtes $\frac{P}{R} = \frac{J}{v' C}$ entſprechen, und muß im entgegengeſetzten Fall dieſelben verſtärken, indem man ihr Trägheitsmoment J erhöht.

Die elaſtiſche Kurve und die Ausdehnung der Biegungen.

187. Zeichnung der elaſtiſchen Kurve. — Man verſteht unter elaſtiſcher Kurve diejenige, die ein feſter Körper annimmt, welcher der Wirkung einer oder mehrerer Kräfte unterworfen wird, die ihn biegen ohne ſeine Elaſticität zu verändern. Bezieht man ſich nun auf das Verhältniß (§. 132) zwiſchen den Momenten der äußeren Kräfte und denen der molekulären Widerſtandsfähigkeiten

$$\frac{E J}{r} = P p + Q q + \text{ꝛc.} \ldots = M,$$

ſo folgt daraus für den Werth des Krümmungsradius an jedem einzelnen Punkte der Länge des feſten Körpers,

$$r = \frac{E J}{P p + Q q + \text{ꝛc.} \ldots} = \frac{E J}{M}.$$

Handelt es ſich um eine vertikale Laſt P, die von unten nach oben, am Ende eines horizontalen Stückes von der Länge C, und um eine gleichmäßig vertheilte Laſt, die in umgekehrter Richtung im Betrage von p Kilog. pro laufenden Meter auf die ganze Länge wirkte, ſo hätte man für den Einlaſſungsdurchſchnitt $M = PC - \frac{1}{2} p C^2$; dies beweiſt, daß der Krümmungsradius unendlich oder die Krümmung Null wäre, wenn man $P = \frac{1}{2} p C$ hätte, wie wir im §. 169 angenommen haben.

Für jeden Punkt läßt ſich der Werth des Trägheitsmomentes J des entſprechenden Durchſchnitts des feſten Körpers und die Summe $P p + Q q + \text{ꝛc.} \ldots$ der Momente der äußeren Kräfte im Verhältniß zur Fläche dieſes Durchſchnitts berechnen; hieraus iſt der Werth des Krümmungsradius zu beſtimmen, und mit Hilfe der Werthe dieſes Radius läßt ſich die Kurve nach und nach konſtruiren.

Um die Anwendung dieſer Methode Poncelet's deutlicher zu machen, wollen wir annehmen (Fig. 31) es handle ſich um ein prismatiſches oder cylindriſches Stück von konſtantem Durchſchnitte. Das Trägheitsmoment J dieſes Durchſchnittes iſt konſtant, und wenn der feſte Körper nur der Wirkung einer einzigen Kraft P unterworfen wird, die in der Entfernung C vom Einlaſſungsdurchſchnitt A einwirkt, ſo erhält man zuerſt den Krümmungsradius der elaſtiſchen Kurve in dieſem Punkt durch das Verhältniß $r = \frac{E J}{P C}$.

Der Krümmungsmittelpunkt liegt in o in der Verlängerung des Einlaſſungsdurchſchnitts und in der Entfernung $A o = r = \frac{E J}{P C}$; von dem Punkt o als Mittelpunkt beſchreibt man einen Kreisbogen $A A'$, welchem man z. B. eine Oeffnung von 1 bis 2° gibt.

Nennen wir C' die Entfernung vom Punkte A' zur Richtung der Kraft P, ſo folgt daraus $r = \frac{E J}{P C} = A' C'$, und man wird in o' den Krümmungsmittelpunkt finden, der dem in A' in der Verlängerung von A'o gemachten Durchſchnitte entſpricht.

Dieſem neuen Bogen gibt man wieder eine Oeffnung von 1 bis 2° und konſtruirt dergeſtalt eine Reihe von Kreisbögen, deren Enſemble die geſuchte Kurve gibt, welche ſich bei dem Zuſammentreffen eines dieſer Kreiſe mit der Richtung der Kraft P endigt.

Es kann der Fall ſein, daß die Krümmungshalbmeſſer ſo groß werden, daß ſie ſich in der Zeichnung ſehr ſchwer anbringen laſſen. Man kann ſich alsdann helfen, wenn man ſich erinnert (§. 126), daß der Krümmungsradius gleich $r = \frac{s}{e}$ iſt, wo s der Elementarbogen und e der Bogen des Radius iſt, welcher der Einheit, die den Winkel zweier aufeinander folgenden Elemente der Kurve, oder den ihrer Tangenten mißt, gleich iſt. Dieſer Winkel heißt Kontingenzwinkel. Dieſes Verhältniß gibt: $s = re = \frac{E J}{P C'} \cdot e$ für den um C' von der Richtung der

Kraft P entfernten Durchſchnitt; macht man $e = \frac{2^0}{360^0} \times 6{,}2832 = 0^m025$, was einem Winkel von 2° entſpricht, ſo ſetzt man dieſen Werth in den von s und leitet ſo die Länge des jedem Werth von C' entſprechenden Bogens ab.

Hat man nun die erſten Krümmungshalbmeſſer berechnet und, wenn ſie klein genug ſind, die erſten Bogen gezogen, ſo verlängert man den letzten Bogen, welchen man z. B. durch ſeine Tangente A' A'' p' erhalten hat. Von der Biegungsſeite her konſtruirt man einen Winkel p'' A'' p' = 2° mit dieſer Tangente, und auf die Linie p'' A'' trägt man eine Länge A'' A''' auf, die gleich iſt dem aus der vorigen Formel abgeleiteten Werthe $\frac{EJ}{PC'''} \cdot e$.

Dieſe Methode ergibt in allen Fällen, wo die Biegungen die Elaſticitätsgrenzen nicht überſchreiten, die Geſtalt der elaſtiſchen Kurve in einer für die Praxis hinreichenden Annäherung.

188. Fall, wo die elaſtiſche Kurve ein Kreisbogen iſt — Wenn der prismatiſche oder cylindriſche Körper von zwei gleichen und parallelen, aber in entgegengeſetzter Richtung (Fig. 32) wirkenden Kräften gedrückt wird, welche in Bezug auf den Einlaſſungsdurchſchnitt die Hebelarme C und C' haben, ſo reducirt ſich die Summe der Momente auf $PC - PC' = P(C - C') = PD$, wo man mit D die Entfernung zwiſchen den Richtungen der beiden parallelen Kräfte bezeichnet. Welchen Punkt des feſten Körpers zwiſchen A und D man alsdann auch betrachten mag, der Werth des Krümmungsradius

$$r = \frac{EJ}{PD}$$

iſt ſtets konſtant, und die elaſtiſche Kurve iſt für dieſen Zwiſchenraum ein leicht zu beſchreibender Kreis.

189. Fall, wo die Krümmung des Stücks von einem Modell beſtimmt wird, nach welchem es gekrümmt werden ſoll. — Beim Baue von Schiffen, bei Wagnerarbeiten, bei gezimmerten Bogen aus gebogenem Holze u. ſ. w. muß man den Holzſtücken oft beſtimmte nothwendige Formen geben, und es iſt gut, wenn man die Kraft, die man anwenden muß, um ſie zu biegen oder gebogen zu halten, berechnen kann.

Dieſe Kraft iſt in allen Fällen durch die Formel

$$P = \frac{EJ}{r \cdot C} = \frac{EJ \cdot e}{s \cdot C}$$

gegeben; die verſchiedenen Buchſtaben bedeuten hier dasſelbe wie oben.

In ſolchen Fällen hat das Stück eine größere Länge als die Modelle, und in dem Maße, als es gekrümmt wird, befeſtigt man es mit Bändern, Bolzen oder Schrauben, je nach der Art des Baues. Jeder Bindepunkt wird ein Einlaſſungspunkt, und man ſieht, daß die auf das Ende des Stückes auszuübende Kraft um ſo größer wird, je mehr man ſich dem Ende des Modelles nähert. Deshalb müſſen auch die Hölzer dieſer Art an ihren Enden mit den Modellen, den Balken, den Gliedern u. ſ. w., mit denen ſie in Verbindung treten ſollen, beſonders gut befeſtiget werden.

190. Beſtimmung der Krümmungspfeile. — Es reicht in vielen Fällen nicht aus, die Belaſtungen oder die Dimenſionen der Körper zu beſtimmen, ſo daß ſie in ihrer Elaſticität keine permanente Alterazion erleiden, ſondern es kommt überdies darauf an, die Biegungen, welche ſie annehmen können, zu kennen und die ſchicklichen Grenzen zu beſtimmen, innerhalb deren ihre Dienſtleiſtungen den Erwartungen entſprechen.

Erinnert man ſich, daß bei Bauten die Biegungen der Körper ſtets ſehr ſchwach ſind und ſein müſſen, ſo kann man ſie mit Hilfe folgender Betrachtungen, die Poncelet entlehnt ſind, berechnen.

C b (Fig. 33) ſei die Tangente in irgend einem Punkte C der elaſtiſchen Kurve, und C' b' diejenige, welche dem unendlich nahen Punkte C' entſpricht; A B' ſei die Länge des vor ſeiner Biegung als gerade angenommenen Stückes, und B' b b' B die gezogene Kreisevolvente der elaſtiſchen Linie. Die an dieſer Kurve ſich begrenzenden Tangenten haben reſp. die gleiche Länge wie die Bogen C B und C' B der elaſtiſchen Linie oder Kurve. Iſt der Körper in ſeiner Lage bis zu A C B gelangt, ſo wird ſeine Totalbiegung durch B D' gemeſſen, und gelangt ſein Ende von b zu dem unendlich nahe liegenden b', ſo wird ſeine Elementarbiegung, oder der in der Richtung der vertikalen Kraft P durchlaufene Weg von der Projekzion b' a des Bogens b b' auf die Vertikale gemeſſen. Nun aber läßt ſich dieſer Elementarbogen b b' der Evolvente als ein Kreisbogen betrachten, der von dem Centrum C mit dem Radius C b beſchrieben und gleich S × o iſt, indem man mit S den Bogen C B der elaſtiſchen Linie und mit o den Winkel der zwei aufeinander folgenden Tangenten C b und C' b' oder den Kreisbogen bezeichnet, der gleich iſt der

Digitized by Google

Einheit, die ihn mißt; und da der Elementarbogen der Elaſtiſchen CC′ oder $s = ro$ iſt, ſo hat man $bb' = \frac{Ss}{r}$.

Anderſeits iſt die Projekzion CD des Bogens CB auf die durch den Punkt C gefällte Horizontale der Hebelarm der äußern Kraft P, und die Projekzion CE des Bogens CC′ auf die nämliche Horizontale iſt die Elementarvariazion dieſes Hebelarms.

Nach dieſen Vorausſetzungen zeigt die Figur, daß die rechtwinkeligen Dreiecke CC′E und abb′ einander ähnlich ſind, woraus ſich das Verhältniß ergibt

$$CC' \text{ oder } s : CE \text{ oder } x = bb' \text{ oder } \frac{Ss}{r} : ab',$$

woraus $ab' = \frac{Sx}{r} = \frac{P}{EJ} \cdot SXx$,

weil $r = \frac{EJ}{PX}$.

In dem Falle, wo die Biegungen ſehr ſchwach ſind, wie dies faſt bei allen Bauten nothwendig iſt, differirt der Totalbogen S der Elaſtiſchen ſehr wenig von ſeiner Horizontalprojekzion X, und der obige Ausdruck reduzirt ſich daher auf

$$ab' = \frac{P}{EJ} X^2 x.$$

Dieſes iſt der Ausdruck des Elementarkrümmungspfeils für eine Biegung von unendlich kleinem Winkel. Die Summe aller dieſer Größen gibt den Totalpfeil BD′, welchen wir f nennen.

Betrachtet man aber nun X als die Ordinate einer Linie, die in einem Winkel von 45° (Fig. 34) zur Achſe der Abſciſſen geneigt iſt, ſo erkennt man leicht, daß Xx die Fläche eines Elementarſegments iſt, welches zwiſchen zwei um x voneinander entfernten Ordinaten liegt, und das Produkt $Xx \cdot X = X^2 x$ iſt nichts anderes als das Moment dieſer Fläche im Verhältniß zur Spitze des Dreiecks oder im Verhältniß zu einer durch die Spitze gezogenen dem Segment parallelen Linie. Die Summe aller dieſer Produkte wird alſo gleich ſein der Fläche des Dreiecks $\frac{1}{2} X^2$ multiplicirt mit der Entfernung von $\frac{2}{3} X$ von ſeinem Schwerpunkte zur Spitze, und folglich gleich $\frac{1}{3} X^3$. Mithin wird alſo der durch den Theil des feſten Körpers BC gelegte Totalkrümmungspfeil $f = \frac{P}{EJ} \frac{1}{3} X^3$ ſein, und wenn man ihn für die Totallänge vom Einlaſſungsdurchſchnitte aus nimmt, für welchen man X gleich C macht oder gleich der Länge des Körpers vor ſeiner Biegung, anſtatt ſeine Projekzion nach ſeiner Biegung zu nehmen, was den Irrthum, der aus der obigen Subſtituirung von X für S entſpringt, beinahe ausgleichen würde, ſo wird der Pfeil ausgedrückt durch die Formel

$$f = \frac{1}{3} \frac{PC^3}{EJ}.$$

Dieſe Formel zeigt, daß nach den vorſtehenden theoretiſchen Betrachtungen der Krümmungspfeil eines prismatiſchen Körpers, der an einem Ende eingefügt iſt und an dem andern von einer Kraft P ſenkrecht zu ſeiner Länge gedrückt wird,

1) proporzional P,

2) proporzional dem Kubus des Hebelarms dieſer Kraft iſt,

3) ſich umgekehrt zum Werth des Elaſticitätskoefficienten,

4) und umgekehrt zum Trägheitsmoment des Querdurchſchnitts des feſten Körpers verhält.

191. Beſonderer Fall, wo der Durchſchnitt des feſten Körpers ein Rechteck iſt, deſſen Breite a und deſſen Dicke, in der Richtung der Kraft P, b iſt. — Man hat (§. 142) geſehen, daß in dieſem Falle $J = \frac{1}{12} ab^3$ iſt. Hieraus folgt $f = \frac{4P}{Eab^3} C^3$.

Dieſes zeigt, daß das Verhältniß, in welchem die Biegungen der feſten Körper von dieſer Geſtalt wachſen, zu dem Kubus der Dicke b ein umgekehrtes iſt, und wir lernen hieraus kennen, wie vortheilhaft es iſt, wenn dieſe Dimenſion vergrößert wird, indem übrigens der Werth für die Fläche ab des Durchſchnitts und folglich für das Volumen des angewandten Materials derſelbe bleibt.

192. Vergleichung der Biegungen zweier feſter Körper von verſchiedenen rechteckigen Durchſchnitten. — Wenden wir die Formel $f = \frac{4P}{E} \cdot \frac{C^3}{ab^3}$ auf einen andern feſten Körper von analogem Durchſchnitte, aber verſchiedenen Dimenſionen a′ und b′ an, ſo erhalten wir $f = \frac{4P}{E} \cdot \frac{C^3}{a'b'^3}$; ſo daß die Biegungen dieſer beiden feſten Körper unter ſich im Verhältniß

$$\frac{f}{f'} = \frac{ab^3}{a'b'^3},$$

ſtehen, und damit ſie gleich ſeien, muß man haben

$$a'b'^3 = ab^3 \text{ oder } \frac{b'^3}{b^3} = \frac{a}{a'};$$

Digitized by Google

dies heißt so viel als: damit zwei eingelassene feste Körper von der nämlichen Länge unter der Einwirkung der nämlichen Kraft die nämliche Biegung annehmen, müssen sich ihre horizontalen Breiten umgekehrt zu den Kuben ihrer Dicke verhalten.

193. Praktische Formeln. — Bringt man in obige Formel die Werthe der Elasticitätskoefficienten E, wie es in der Tabelle §. 40 für die verschiedenen Materialien gegeben ist, so findet man für die praktischen Formeln, welche die Biegung eines festen Körpers ergeben, der an seinem einen Ende festgehalten ist und an seinem andern Ende von einer Kraft gedrückt wird, die senkrecht auf seine Länge wirkt, folgende Werthe:

für Gußeisen $f = \frac{P C^3}{3000000000\ a b^3}$,

Schmiedeisen $f = \frac{P C^3}{5000000000\ a b^3}$,

Eichenholz $f = \frac{P C^3}{300000000\ a b^3}$,

Gußstahl $f = \frac{P C^3}{7500000000\ a b^3}$,

deutschen Stahl $f = \frac{P C^3}{5250000000\ a b^3}$.

194. Cylindrische feste Körper mit kreisförmigem Durchschnitt. — In diesem Falle hat man $J = 0{,}0491\ D^4$, und die Formel $f = \frac{1}{3}\frac{P C^3}{E J}$ wird

$$f = \frac{1}{3}\frac{P C^3}{0{,}0491\ D^4 . E} = \frac{P C^3}{E . 0{,}147\ D^4}.$$

Bringt man in diese Formel die Werthe des Elasticitätskoefficienten E, wie sie in der Tabelle aus §. 40 gegeben worden sind, so findet man folgende praktische Formeln:

für Gußeisen $f = \frac{P C^3}{1764000000\ D^4}$,

Schmiedeisen $f = \frac{P C^3}{2940000000\ D^4}$,

Holz $f = \frac{P C^3}{176400000\ D^4}$.

195. Ausdehnung vorstehender Betrachtungen auf allgemeine Fälle. — Man muß bedenken, daß das Verhältniß $a b' = \frac{S x}{r}$ nur eine geometrische Folgerung aus der Biegung, aus der Formveränderung der Körper ist, und daß in diesem Ausdruck S x von der Stellung der Kraft oder der Kräfte, welche diese Biegung hervorbringen, durchaus unabhängig ist. Die Größe r oder der Krümmungshalbmesser hängt an jedem seiner Punkte allein von diesen Kräften ab, und man weiß, daß man für alle Gleichgewichtslagen zwischen den molekulären Widerständen und äußern Kräften das allgemeine Verhältniß hat:

$\frac{E J}{r} = P p + Q q + \text{etc.}\ldots$, woraus $\frac{1}{r} = \frac{P p + Q q + \text{etc.}}{E J}$.

Wird also der Körper durch irgend eine Kraft P, Q u. s. w. gedrückt, welche mit den Hebelarmen p, q u. s. w. im Verhältniß zu dem betrachteten Durchschnitt wirken, so hat man nach §. 132 für den Werth von r:

$$r = \frac{E J}{P p + Q q + \text{etc.}\ldots};$$

Dies gibt $a b' = \frac{P p + Q q + \text{etc.}\ldots}{E J} S x$,

und für eine sehr kleine Biegung, vorausgesetzt, daß S beinahe = X ist:

$$a b' = \frac{P p + Q q + \text{etc.}\ldots}{E J} . X x.$$

Je nach der Richtung und der Stellung der Kräfte P, Q u. s. w. kann man ihre Hebelarme in Funkzion mit X ausdrücken, und die Geometrie gibt, wie für den einfachen eben abgehandelten Fall, den Werth der Summe der a b' analogen Elementarbiegungen oder den Totalpfeil.

196. Bemerkung über die festen Körper mit gleicher Widerstandsfähigkeit. — Man hat im §. 183 gesehen, daß die festen Körper mit gleicher Widerstandsfähigkeit diejenigen sind, für welche der Quozient $\frac{J}{v^2 C}$ konstant ist, und daß wenn ihr Querdurchschnitt z. B. rechteckig ist, hierdurch das Längenprofil eine solche Gestalt erhält, daß man in jedem Querdurchschnitt $\frac{b^2}{C} = \frac{y^2}{X}$ hat.

In diesem Fall ist das Trägheitsmoment eines jeden Durchschnittes von der Breite a und der Höhe y gleich $\frac{1}{12} a y^3$, und der Ausdruck der elementaren Biegungen wird:

$$a b' = \frac{P}{E J} X^2 x = \frac{12 P}{E a} . \frac{X^2 x}{y^3}.$$

Nun hat man aber

$$y^2 = \frac{b^2}{C} X; \text{ woraus } y = \frac{b}{\sqrt{C}} \sqrt{X}$$

$$\text{und } y^3 = \frac{b^3}{(\sqrt{C})^3} (\sqrt{X})^3;$$

folglich $a b' = \frac{12 P \sqrt{C^3}}{E a b^3} \frac{X^2 x}{X^{\frac{3}{2}}} = \frac{12 P \sqrt{C^3}}{E a b^3} X^{\frac{1}{2}} x.$

Digitized by Google

Setzt man aber $X = Z^2$, so leitet sich daraus leicht für die Elementarvariazion x von X der Werth $x = 2Zz$ ab; vorausgesetzt, daß Z^2 die Fläche eines Quadrats ist, dessen Seite Z ist, so wird, wenn diese Seite um die unendlich kleine Größe z wächst, die Fläche des Quadrats um zwei gleiche Rechtecke wachsen, deren Seiten resp. gleich Z und z und deren Fläche gleich Zz plus einem kleinen Quadrat z^2 ist, das nicht in Rechnung gebracht zu werden braucht, vorausgesetzt, daß seine Basis und seine Höhe zwei unendlich kleine Größen sind. Die Variazion des Quadrats Z^2 oder die von X ist also $x = 2Zz$.

Nach diesen Voraussetzungen wird also der Werth der Elementarbiegung des festen Körpers

$$ab' = \frac{12P\sqrt{C^3}}{Eab^3} 2Z^2 z.$$

Da nun die Totalbiegung die Summe aller solchen Elementarbiegungen ist, so erhalten wir nach dem Obigen, vorausgesetzt, daß wir die Biegung von dem Einlassungsdurchschnitt an rechnen:

$$f = \frac{12P\sqrt{C^3}}{Eab^3} \tfrac{2}{3} Z^3 = \frac{12P\sqrt{C^3}}{Eab^3} \tfrac{2}{3} (\sqrt{C})^3 = \frac{8PC^3}{Eab^3};$$

d. h. das Doppelte der Biegung, die ein Prisma von derselben Breite aber von einer von der Einlassung aus gleichmäßigen Dicke unter der nämlichen Kraft und bei derselben Länge annehmen würde.

Diese Eigenschaft der festen Körper mit gleicher Widerstandsfähigkeit, die doppelten Biegungen wie die prismatischen festen Körper von gleicher Dimension an dem eingelassenen Theil anzunehmen, kann ein übler Umstand sein, wenn sich das Ende, auf welches die äußere Kraft P wirkt, sehr wenig verrücken oder senken soll. Handelte es sich aber um Federn und insbesondere um Dynamometerfedern, so bietet diese Eigenschaft den Vortheil dar, daß man dem Instrumente eine doppelte Empfindlichkeit geben kann, indem man ihm zugleich die nämliche Festigkeit bewahrt, als wenn der Durchschnitt überall derselbe wäre wie an der Einfügung.

197. Bestätigung vorstehender Formel durch die Erfahrung. — Die Anwendung der Formel $f = \frac{8PC^3}{Eab^3}$, welche ich bei Konstruirung der Dynamometerfedern sehr oft zu machen Gelegenheit hatte, zeigt die Genauigkeit dieser Formel zwischen sehr weiten Grenzen.

Zuerst zeigt die Tara dieser Federn, oder die Beobachtung der den verschiedenen Belastungen P entsprechenden Biegungen, daß die Biegungen den Belastungen proporzional sind, so lange als die Biegungen $^1/_6$ oder $^1/_{10}$ der Länge C nicht überschreiten. Beobachtet man ferner für verschiedene Federn die gleichzeitigen Werthe der Belastungen und der Biegungen, und bringt man sie wie die Dimensionen a und b in die Formel, so kann man daraus jedesmal den Werth des Elasticitätsmodels E für jede von ihnen ableiten.

Waren die vergleichenden Federn aus der nämlichen Qualität Stahl gemacht (es war in der Regel der sogenannte dreimal raffinirte Schmelzstahl), so bestätigte die Beständigkeit der Werthe von E die Genauigkeit der Formel.

Die folgende Tabelle enthält die Resultate der Anwendung obiger Formel auf Federn von Schmelzstahl, so wie ihre Dimensionen und das Verhältniß der Biegungen zu den Belastungen. Man sieht daraus, daß dieses Verhältniß und der Elasticitätskoefficient merklich konstant sind, wenn man die ziemlich erheblichen Unterschiede berücksichtigt, welche durch den Grad der Härtung, der Ausglühung und durch die Qualität des Stahles selbst entstehen können.

Maximalkraft der Federn	Breite der Federn a	Länge jedes Armes C	Dicke der Federn an der eingefügten Stelle b	Wachsen der Biegung für 10 Kil. Belastung	Werth des Elasticitätskoefficienten E
	M.	M.	M.	M.	Kilogr.
200	0,040	0,250	0,0079	0,00284	22317700000
200	0,040	0,250	0,0079	0,00311	20380200000
250	0,040	0,350	0,0115	0,00285	19527300000
300	0,040	0,411	0,0147	0,00265	16495200000
520	0,040	0,350	0,0145	0,00134	20900600000
570	0,040	0,350	0,0160	0,00105	19938100000
1000	0,050	0,500	0,0211	0,00097	21948800000
1000	0,050	0,500	0,0211	0,00100	21290300000
1000	0,050	0,500	0,0211	0,00103	20668500000
				Mittel	20858900000

Digitized by Google

198. Die Kraft, die erforderlich ist zur Erzeugung einer gegebenen Biegung. — Während der Biegung variirt die zu ihrer Erzeugung erforderliche Kraft P mit der Biegung selbst, wie man oben gesehen hat, und um sie in jedem Augenblick bestimmen zu können, hat man das Verhältniß (indem man sie mit P' bezeichnet)

$$P' = \frac{3EJ}{C^3} . F,$$

und nennt man f die Elementarvariazion der Biegung oder den von dem Einwirkungspunkt der Kraft P' in der Richtung dieser Kraft durchlaufenen Weg, so ist das von ihr entwickelte Arbeitsquantum

$$P' f = \frac{3EJ}{C^3} . Ff.$$

Das einer Biegung F_1 entsprechende Totalarbeitsquantum von dem Punkte aus, wo die Biegung Null ist, gibt also, wenn man es mit T_f bezeichnet

$$T_f = \tfrac{3}{2} . \frac{EJ}{C^3} . F_1^2;$$

und da man für die von einer Kraft P erzeugte Totalbiegung hat

$$F_1 = \tfrac{1}{3} \frac{P}{EJ} . C^3,$$

so folgt

$$T_f = \tfrac{3}{2} \frac{EJ}{C^3} \times \tfrac{1}{9} \frac{P^2}{(EJ)^2} C^6 = \tfrac{1}{6} \frac{P^2 C^3}{EJ}.$$

Würde aber nun die Kraft P von einem Gewichte ausgeübt, welches sich selbst überlassen von der Höhe F_1 herabkäme, so hätte die Schwere in diesem Körper ein Arbeitsquantum hervorgerufen, welches sich ausdrücken läßt durch:

$$P F_1 = \tfrac{1}{3} \frac{P^2 C^3}{EJ},$$

das Doppelte von demjenigen, welches dem Molekularwiderstand des Körpers gegen die Biegung zukommt.

Weil bei dieser Biegung der Körper die Molekularwiderstände nur die Hälfte der Arbeit konsumiren, welche von der Schwere entwickelt wird und der Gleichgewichtsbiegung entspricht, so folgt daraus, daß die andere Hälfte dieser Arbeit eine Beschleunigung der Biegungsbewegung erzeugt, und daß der Körper diese Gleichgewichtsstellung mit einer lebhaften Kraft erreicht, in Folge der er über sie hinausgeht. Diese Bewegung erlischt allmählig durch eine Reihe von Oscillazionen; da aber hieraus eine beträchtliche Vergrößerung der momentanen Biegung entspringt, so zeigt diese Beobachtung, wie sehr es in ähnlichen Fällen nöthig ist die Belastungen zu begrenzen, damit in diesen Oscillazionen die Biegungen nicht die Grenzen erreichen, wo sich die Elasticität verändern würde.

199. Fall, wo das Querprofil der Körper nicht konstant ist. — Analoge Betrachtungen würden die Mittel an die Hand geben, die Totalbiegung eines Körpers zu berechnen, für welchen der Querdurchschnitt und folglich das Trägheitsmoment J zugleich mit der Entfernung X dieses Durchschnittes zum Einfügungspunkt variiren würde. Die bekannten Methoden der Quadratur und insbesondere die Methode Th. Simpson's erlauben uns die Größe genau oder approximativ zu bestimmen.

200. Biegung eines horizontalen Prisma's, mit einem seiner Enden festgehalten und einer gleichmäßig vertheilten Belastung, so wie einer auf sein anderes Ende drückenden Kraft unterworfen. — Setzt man die Betrachtungen aus §. 190 weiter fort, und nennt man p die Belastung pro laufenden Meter, so ist es in diesem Falle klar, daß die Summe der Momente der verschiedenen Theile einer gleichmäßig vertheilten Belastung die Summe der Produkte $p x \times X$ oder $p X x$ ist, indem man immer annimmt, daß es sich nur um geringe Biegungen handle, wodurch wir berechtigt sind, den Elementarbogen ihre Projekzionen auf die ursprüngliche Richtung des festen Körpers zu substituiren. Diese Summe, die wir jetzt berechnen können, ist gleich $\frac{1}{2} p X^2$.

Das Gleichgewichtsverhältniß zwischen dem molekulären Widerstand und den äußern Kräften für einen in C gemachten Durchschnitt ist also

$$\frac{EJ}{r} = P X + \tfrac{1}{2} p X^2, \text{ woraus } \frac{1}{r} = \frac{1}{EJ} (P X + \tfrac{1}{2} p X^2).$$

Folglich hat die Elementarbiegung $a b' = \frac{S x}{r}$, wenn man für S wieder seinen approximativen Werth X setzt, den Werth

$$a b' = \frac{S x}{r} = \frac{1}{EJ} (P X^2 x + \tfrac{1}{2} p X^3 x),$$

und die Totalbiegung f muß die Summe aller dieser Elementarbiegungen sein. Man weiß, daß die Summe der Produkte, die von $X = 0$ bis $X = X$ analog $X^2 x$ sind, $\frac{1}{3} X^3$ ist, und es ist klar, daß die Summe der Produkte $X^3 x$ zwischen denselben Grenzen $\frac{1}{4} X^4$ beträgt.

In der That, wenn man (Fig. 35) eine Pyra-

Digitized by Google

mide mit quadratförmiger Baſis hat, deren Höhe CD gleich iſt der Seite AB der Baſis, ſo wird ein Elementarabſchnitt dieſer Pyramide, deſſen Seite X iſt, ein Volumen von $X^2 x$ haben, und das Produkt $X^3 x = X^2 x X$ drückt das Moment dieſes Abſchnittes im Verhältniß zu einer der Baſis parallelen und durch die Spitze gehenden Ebene aus. Die Summe aller dieſer Produkte oder Momente iſt alſo gleich dem Volumen der Pyramide $\frac{1}{4} X^3$ multiplicirt mit der Entfernung $\frac{3}{4} X$ ihres Schwerpunktes zur Spitze oder $\frac{1}{4} X^3 . \frac{3}{4} X = \frac{1}{4} X^4$.

Erſetzt man folglich die Projekzion $CD = X$ des feſten Körpers durch ſeine Totallänge C, ſo gleicht dieſes den weiter oben durch die umgekehrte Subſtituirung geſetzten Irrthum aus, und man findet für die Totalbiegung des feſten Körpers

$$f = \frac{C^3}{EJ} (\frac{1}{8} P + \frac{1}{8} pC) = \frac{1}{8} \frac{C^3}{EJ} (P + \frac{3}{8} pC).$$

Man ſieht, daß die gleichmäßig auf die Länge des feſten Körpers vertheilte Belaſtung pC dieſelbe Vermehrung der Biegung bewirkt, als wenn man die Laſt P um $\frac{3}{8} pC$ vergrößert hätte, oder mit andern Worten, hinſichtlich der Biegung erzeugt in dem vorliegenden Fall eine gleichmäßig vertheilte Belaſtung die ähnliche Biegung wie drei Achttheile dieſer Belaſtung, die an dem Ende des Körpers in der Entfernung C von ſeinem Einlaſſungspunkte liegen, während man §. 160 geſehen hat, daß hinſichtlich des Gleichgewichts zwiſchen den äußern Kräften und den molekulären Widerſtänden die gleichmäßig vertheilte Belaſtung einer um die Hälfte geringeren auf das Ende des feſten Körpers drückenden Laſt das Gleichgewicht hält,

201. Fall, wo die Laſt P und die gleichmäßig vertheilte Belaſtung in entgegengeſetzter Richtung wirken. — In dieſem Falle muß man augenſcheinlich haben

$$f = \frac{1}{8} \frac{C^3}{EJ} (P - \frac{3}{8} pC).$$

Und wenn die Laſt P dergeſtalt regulirt wäre (wie §. 187 davon die Rede war), daß die Krümmung an dem Einlaſſungsdurchſchnitt Null wäre, was bei $P = \frac{1}{2} pC$ der Fall iſt, ſo hätte man am Ende noch eine Biegung, die gleich wäre

$$f = \frac{1}{8} \frac{C^3}{EJ} . \frac{1}{8} P,$$

d. h. gleich $\frac{1}{8}$ derjenigen Biegung, welche die Laſt P allein erzeugt hätte.

202. Biegung eines horizontalen Prisma's, welches auf zwei Stützpunkten liegt und mit einer Laſt 2P mitten in dem Abſtand 2C der beiden Stützen und einer gleichmäßig vertheilten Belaſtung von p Kilog. pro laufenden Meter ſeiner Länge beſchwert iſt. — Iſt der feſte Körper in der Lage des Gleichgewichts angelangt und iſt die Tangente am niedrigſten Punkte der Krümmung horizontal wie im Anfang der Biegung, ſo läßt ſich der Durchſchnitt in dieſem Punkt als eingelaſſen betrachten. Der Druck auf jedem der Aufliege- oder Stützpunkte iſt $P + pC$, und der feſte Körper läßt ſich betrachten, als einerſeits dieſem von unten nach oben wirkenden Druck und anderſeits der gleichmäßig auf ſeine Länge vertheilten und umgekehrt von oben nach unten wirkenden Belaſtung pC unterworfen. Um vorſtehende Formel auf dieſen Fall anzuwenden muß man P durch $P + pC$ erſetzen und bemerken, daß die gleichmäßig vertheilte Belaſtung pC in umgekehrter Richtung wirkt wie diejenige $P + pC$, welche auf das Ende drückt. Hiernach läßt ſich die Totalbiegung des Prisma's durch die Formel berechnen

$$f = \frac{1}{8} \frac{C^3}{EJ} (P + pC - \frac{3}{8} pC) = \frac{1}{8} \frac{C^3}{EJ} (P + \frac{5}{8} pC);$$

wäre die gleichmäßig vertheilte Belaſtung im Verhältniß zu P Null oder nicht zu berückſichtigen, ſo hätte man für die Biegung

$$f = \frac{1}{8} \frac{C^3}{EJ} . P.$$

Hieraus ſieht man, daß in dieſem Falle die gleichmäßig vertheilte Belaſtung hinſichtlich der Biegung einer Belaſtung, die $\frac{5}{8}$ ihres ganzen Werthes hat und mitten auf den Abſtand zwiſchen beiden Aufliegepunkten drückt, das Gleichgewicht hielte.

Oder nimmt man an, der Körper ſei einfach dem Druck der gleichmäßig auf ſeine Länge vertheilten Belaſtung 2pC, in welchem Falle $P = 0$ wäre und

$$f = \frac{1}{8} \frac{C^3}{EJ} . \frac{5}{8} pC,$$

ferner der Wirkung der auf die Mitte ſeiner Länge drückenden Belaſtung 2pC unterworfen, in welchem Fall die Biegung gleich wäre

$$f = \frac{1}{8} \frac{C^3}{EJ} . pC,$$

ſo ſieht man, daß die nämliche Totalbelaſtung 2pC, die von einem frei auf zwei Stützpunkte gelegten feſten

Digitized by Google

Körper getragen wird, Biegungen erzeugt, welche im Verhältniß von 5 zu 8 ſtehen, je nachdem die Laſt gleichmäßig vertheilt oder in der Mitte des Abſtandes 2 C beider Aufliegepunkte koncentrirt iſt.

203. Mittel zur Beſtätigung dieſer Formeln durch die Erfahrung. — Die vorſtehenden Formeln geſtatten es auf leichte Weiſe, die Genauigkeit der theoretiſchen Betrachtungen, welche ihnen zu Grunde liegen, durch die Beobachtung der Biegungen, die unter gegebenen Belaſtungen feſte Körper von bekannten Dimenſionen erleiden, zu bewahrheiten.

In der That, bei einem prismatiſchen oder cylindriſchen feſten Körper, der frei auf zwei Stützpunkten liegt und in ſeiner Mitte belaſtet iſt, mit dem ſich leicht experimentiren läßt, leitet man mit Beachtung ſeines Eigengewichtes aus der Formel, die den Krümmungspfeil gibt, ab

$$E = \frac{C^3}{3fJ}(P + {}^5/_8\, p\, C);$$

ein Verhältniß, in welchem die Subſtituirung der gleichzeitigen Werthe von P, p, C, J und f den entſprechenden Werth des Elaſticitätskoefficienten E gibt. Wenn nun aber die Vergleichung der für E innerhalb paſſender Krümmungs- und Biegungsgrenzen für verſchiedene Belaſtungen oder verſchiedene Tragweiten erhaltenen Werthe zeigt, daß innerhalb dieſer Grenzen dieſe Werthe augenſcheinlich konſtant ſind, ſo kann man mit vollem Recht ſchließen, daß die Formel genau iſt und mit der Erfahrung durchaus übereinſtimmt.

Man kann ſo allmählig für einen und denſelben Körper alle die in der Formel, welche die Biegungen mit dieſen Elementen verknüpft, enthaltenen Elemente wechſeln und ſich überzeugen, ob die Biegungen innerhalb gewiſſer Grenzen wirklich den aus den verſchiedenen theoretiſchen Betrachtungen abgeleiteten Verhältniſſen folgen.

204. Beſtätigung obiger Formeln durch die Reſultate der Verſuche Dupin's. — Beziehen wir uns auf die Verſuche Dupin's, deren Hauptreſultate wir im §. 123 beſprochen haben, ſo ſehen wir, daß dieſe Verſuche an Prismen von rechteckigem Durchſchnitte, für welche wir im Falle einer mitten auf die Länge 2 C des feſten Körpers gelegten Belaſtung 2 P

$$J = {}^1/_{12}\, a\, b^3 \text{ und } f = \frac{4\, P\, C^3}{E\, a\, b^3}$$

hätten, die Sätze, daß innerhalb der Grenzen, wo die Elaſticität nicht verändert iſt, die Biegungen des Holzes

1. proporzional ſind den Belaſtungen und den Kuben der Tragweiten,

2. ſich umgekehrt zu der Breite und zum Kubus der Dicke der Stücke verhalten,

ſich als vollkommen wahr erwieſen haben.

Was die einer gleich vertheilten Belaſtung unterworfenen feſten Körper betrifft, ſo hat derſelbe Ingenieur ebenfalls dargethan, daß die Biegung alsdann ${}^5/_8$ derjenigen beträgt, die einer äquivalenten auf die Mitte des Stückes drückenden Belaſtung zukäme, wie die Formeln angeben.

205. Praktiſche Formeln. — Bringt man in die Formel

$$f = {}^1/_3\, \frac{C^3}{EJ}(P + {}^5/_8\, p\, C)$$

die Werthe des Trägheitsmoments J, entſprechend den verſchiedenen bei Bauten gebräuchlichen Formen, und die Werthe des Elaſticitätskoefficienten E, wie ſie ſich auf die zur Anwendung kommenden Materialien beziehen, ſo gelangt man zu den gebräuchlichen praktiſchen Formeln, mit welchen ſich approximativ die Biegungen der frei auf zwei Stützpunkten liegenden feſten Körper, ſo lange ſie gewiſſe Grenzen nicht überſchreiten, berechnen laſſen.

206. Feſte Körper mit rechteckigem Durchſchnitt. — Für dieſe Körper von der Breite a und der Dicke b erhält man die Formel

$$f = \frac{4\, C^3}{E\, a\, b^3}(P + {}^5/_8\, p\, C).$$

Subſtituirt man für E ſeinen Werth je nach dem verwendeten Material, ſo hat man

$$\text{für Gußeiſen } f = \frac{(P + {}^5/_8\, p\, C)\, C^3}{3000000000\, a\, b^3},$$

$$\text{Schmiedeiſen } f = \frac{(P + {}^5/_8\, p\, C)\, C^3}{5000000000\, a\, b^3},$$

$$\text{Eichenholz } f = \frac{(P + {}^5/_8\, p\, C)\, C^3}{300000000\, a\, b^3}.$$

207. Cylindriſche feſte Körper. — Für die feſten Cylinder mit kreisförmigem Durchſchnitt, für welche $J = 0{,}0491\, D^4$ iſt, findet man:

Digitized by Google

$$\text{Gußeiſen } f = \frac{(P + {}^{5}/_{8}\, p\, C)\, C^3}{1764000000\, D^4},$$

$$\text{Schmiedeiſen } f = \frac{(P + {}^{5}/_{8}\, p\, C)\, C^3}{2940000000\, D^4},$$

$$\text{Eichenholz } f = \frac{(P + {}^{5}/_{8}\, p\, C)\, C^3}{176400000\, D^4}.$$

208. Hohle cylindriſche feſte Körper. — In dieſem Fall hat man (§. 152) $J = 0{,}0491\,(D^4 - D''^4)$, indem man mit D' und D'' den äußern und innern Durchmeſſer bezeichnet; die praktiſchen Formeln ſind:

$$\text{Gußeiſen } f = \frac{(P + {}^{5}/_{8}\, p\, C)\, C^3}{1764000000\,(D^4 - D''^4)},$$

$$\text{Schmiedeiſen } f = \frac{(P + {}^{5}/_{8}\, p\, C)\, C^3}{2940000000\,(D^4 - D''^4)},$$

$$\text{Eichenholz } f = \frac{(P + {}^{5}/_{8}\, p\, C)\, C^3}{176400000\,(D^4 - D''^4)}.$$

Die Anwendung auf andere Formen bietet keine Schwierigkeit dar.

209. Ein feſter Körper auf mehrere gleich weit voneinander abſtehende Stützpunkte gelegt und von gleichen Belaſtungen in der Mitte der Intervallen gedrückt. — Erwägt man (Fig. 36), was dem Theil des feſten Körpers zukommt, der zwiſchen zwei aufeinander folgenden Stützpunkten B und C liegt, und berückſichtigt man die rechts und links drückenden Belaſtungen 2 P, ſo ſieht man auf den erſten Blick, daß der Druck auf jeden der Aufliegepunkte B und C gleich ſein muß 2 P, und daß, wenn man ihm die gleiche und entgegengeſetzte Reakzion des Stützpunktes ſubſtituirt, der feſte Körper als frei und zwei Reihen unter ſich gleicher und paralleler Kräfte unterworfen betrachtet werden kann.

Es iſt klar, daß er ſich unter der Wirkung dieſer Kräfte abwechſelnd in entgegengeſetzten Richtungen biegen und daß es zwiſchen zwei aufeinander folgenden Angriffspunkten in ſeiner Krümmung einen Inflexionspunkt geben muß, wo die Krümmung und Ausdehnung oder die Kompreſſion der Faſern Null iſt, gerade ſo wie an den Enden eines frei auf zwei Stützpunkten liegenden feſten Körpers.

Hieraus folgt, daß wenn die Lage dieſer Biegungspunkte a, b, a', b' bekannt iſt, die Theile a b, b a', a' b', b' a'', ... des feſten Körpers als unabhängig voneinander betrachtet werden können; und man kann ſomit annehmen, jeder dieſer Theile liege getrennt für ſich mit ſeinen beiden Enden auf Stützpunkten und ſei der Wirkung der auf die Mitte der Länge drückenden Kräfte 2 P unterworfen.

Nimmt man an, die Belaſtungen ſeien gleich und drücken auf die Mitte der Aufliegepunkte, ſo iſt es einleuchtend, daß, da die Reakzionen der Stützpunkte auch gleich 2 P ſind, oben und unten zwiſchen den beiden Stützpunkten B und C alles ſymmetriſch iſt, ſo daß die Inflexionspunkte nothwendiger Weiſe in der Mitte der Länge jedes der gleichen Theile B m' und m' C des feſten Körpers liegen, indem ſich, wie oben geſagt wurde, annehmen läßt, daß dieſer in ſeinen Inflexionspunkten a' und b' frei unterſtützt und in ſeiner Mitte von der Laſt 2 P gedrückt wird.

Der horizontale Abſtand dieſer Inflexionspunkte a' und b' iſt die Hälfte der Tragweite 2 C zwiſchen den Stützpunkten B und C, und die Bedingung des Gleichgewichts iſt alſo

$$\frac{R\,J}{v'} = \frac{P\,C}{2},$$

woraus folgt, daß der feſte Körper in dieſem Fall das Doppelte der Laſt tragen kann, welche er bei derſelben Tragweite B C tragen könnte, wenn er ganz einfach auf den zwei Stützpunkten B und C läge.

Die Biegung, welche der Theil a' b' des feſten Körpers erleidet, gibt die Formel (§. 190)

$$f = {}^{1}/_{3}\,\frac{P\left(\frac{C}{2}\right)^3}{E\,J} = {}^{1}/_{24}\,\frac{P\,C^3}{E\,J};$$

aber jeder der Punkte a' und b' wird ſich im Betrag einer der vorſtehenden gleichen Größe geſenkt haben, weil alles ſymmetriſch iſt und weil die Punkte B und C als die Mitten der Theile b a' und b' a'' betrachtet, eine vertikale Dislokazion gleich der des Punktes m' erlitten haben werden.

Folglich iſt die Senkung des Punktes m', der Mitte der Totallänge B C des feſten Körpers, oder die Totalbiegung gleich

$$f = {}^{1}/_{12}\,\frac{P\,C^3}{E\,J},$$

d. h. gleich dem Viertel der Biegung ${}^{1}/_{3}\,\frac{P\,C^3}{E\,J}$, welche dieſelbe Länge des feſten Körpers unter der Wirkung der Laſt 2 P erlitten haben würde, wenn der Theil B C des feſten Körpers frei auf zwei Stützpunkten gelegen wäre.

210. Anwendung des Vorſtehenden auf den Fall, wo ein feſter Körper mit ſeinen

Digitized by Google

beiden Enden feſtgehalten wird. — Die auf dieſe Weiſe direkt abgeleiteten Schlußfolgerungen ſtimmen genau mit dem überein, was die Geometer mit Hilfe der Berechnung für den Fall aufgeſtellt haben, wo ein feſter Körper mit ſeinen beiden Enden feſtgehalten wird. Man ſieht in der That, daß der von uns betrachtete feſte Körper durch das Daſein der ihn tragenden Stützen und durch ſeine Verlängerung über dieſe Stützpunkte hinaus ſich genau eben ſo verhält, als wenn er feſt eingelaſſen wäre, ſo daß die Tangente an ſeinen Enden B und C ungeachtet der Wirkung der auf die Mitte ſeiner Länge druckenden Laſt horizontal wäre und bliebe.

Dieſe Bedingung der Feſthaltung iſt hinlänglich erfüllt, wie in dem oben geprüften Fall der feſte Körper über den Stützpunkt B hinaus verlängert iſt und anderſeits eine Kraft oder eine Belaſtung beſteht, deren Moment in Beziehung auf den nämlichen Punkt gleich und dem Moment PC, welches die Rotazion oder Aufhebung des Endes B zu bewirken ſucht, entgegengeſetzt iſt. Dieſes iſt die Bedingung zur Sicherung der Einlaſſung.

211. Bemerkungen über die Art und Weiſe der Einlaſſung. — Aus dem Geſagten geht hervor, daß wenn man L die eingelaſſene Länge des feſten Körpers (Fig. 37) nennt, die Kraft P, welche an ſeinem Ende A' auf die Einlaſſung ausgeübt wird, durch die Formel gegeben iſt

$$P_1 L = PC, \text{ woraus } P_1 = \frac{PC}{L};$$

welches beweiſt, daß dieſe Kraft um ſo größer ſein muß, je kleiner die Tiefe L der Einlaſſung iſt.

Bei Bauten im Allgemeinen und beſonders bei Balkendecken beträgt die Einlaſſungslänge höchſtens 0 m 30 bis 0 m 50, und die Einlaſſung wird hierdurch nicht vollſtändig geſichert; dieſes führt darauf hin, die Dimenſionen der Durchzugsbalken zu berechnen, als ob ſie einfach auf zwei Stützpunkten frei auflägen. Auf der andern Seite muß man aber geſtehen, daß bei ſorgfältig aufgeführten Bauten die Einlaſſung, wenn nicht vollſtändig, doch wenigſtens eine theilweiſe iſt, und daß die Enden der feſten Körper, nachdem ſie ſich etwas erhoben haben, auf ein Hemmniß treffen, welches ſie feſthält und fixirt.

Theilweiſe verwirklicht man auch die Hypotheſe, welche in §. 210 zur Sprache kam, wenn man wie bei den Brücken von Bangor die Balken über ihre Aufliegepunkte hinaus verlängert und wenn man ſie mit dieſen Stützpunkten durch Grundbolzen und andere Bindemittel befeſtigt.

212. Beſtimmungen der Neigung der Tangenten zur Krümmung der feſten Körper. — Betrachten wir zuerſt einen feſten Körper, der mit einem Ende feſtgehalten und der Einwirkung äußerer Kräfte unterworfen iſt, deren Momentenſumme in Bezug auf einen z. B. in C (Fig. 38) genommenen Durchſchnitt durch M bezeichnet werden mag, und ſtellen wir uns die Aufgabe, den Winkel zu finden, den die Tangente im Punkte C mit der Horizontaltangente im Einlaſſungspunkt A bildet.

Bedenkt man, daß man nach der Fig. aus §. 190 $a : s = r o$ hat, woraus $\frac{1}{r} = \frac{o}{s}$, ſo erhält man das Gleichgewichtsverhältniß $\frac{EJ}{r} = M$, wenn man den Werth von $\frac{1}{r}$ ſubſtituirt,

$$EJ.\frac{o}{s} = M;$$

überdies hat man

$$CE = s \cos O = x \text{ oder } \frac{1}{s} = \frac{\cos O}{x},$$

wo x die Horizontalprojekzion des Elementarbogens $CC' = s$, und O der Winkel iſt, den die Tangente Cm in dem betrachteten Punkte C mit der Horizontalen bildet und deſſen Elementarvariazion $o = mCn$ iſt. Das obige Verhältniß wird alſo

$$EJ \frac{o \cos O}{x} = M, \text{ woraus } o \cos O = \frac{1}{EJ} M x.$$

Nun aber ſieht man leicht, daß wenn ein Winkel $mCD = O$ um die Elementargröße o variirt, durch die ähnlichen Dreiecke Cmp und mni, den Radius Cm gleich der Einheit angenommen, das Verhältniß entſteht

mn oder $o : ni = Cm$ oder $1 : Cp$ oder $\cos O$,

woraus folgt

$$ni = o \cos O, \text{ alſo } ni = \frac{1}{EJ} M x;$$

ein Ausdruck, in welchem ni die Größe iſt, um welche die Linie mp oder der Sinus von O variirt, wenn der Winkel O um o variirt. Die Summe der Vergrößerungen von ni von der Horizontalen Cp an, für welche der Winkel O Null iſt, bis zur Linie Cm, welche $mCD = O$ entſpricht, iſt folglich der Sinus

Digitized by Google

des Winkels O, und dieſer Sinus iſt gleich der Summe aller Elementarprodukte $\frac{1}{EJ} M x$ vom Einlaſſungspunkt A an bis zum betrachteten Punkte C.

In dem beſondern Fall, wo der feſte Körper nur der Wirkung einer einzigen in der Entfernung X vom Durchſchnitte C wirkenden Kraft unterworfen iſt, hat man

$$M = PX, \quad ni = \frac{1}{EJ} PXx$$

$$\text{und } \sin O = \frac{1}{2EJ} P(C^2 - X^2),$$

indem man die Summe der Produkte PXx von dem Werthe $X = C$ annimmt, welcher dem Einfügungsdurchſchnitte entſpricht. Dehnt man dieſe Summe aus bis zu $X = o$, was der Richtung der Kraft P ſelbſt entſpricht, ſo reducirt ſich obiger Ausdruck auf

$$\sin O = \frac{1}{2EJ} PC^2,$$

und da man in dieſem Fall nach §. 190 hat

$$f = \tfrac{1}{3} \frac{PC^3}{EJ}, \text{ woraus } \frac{PC^2}{EJ} = \frac{3f}{C},$$

ſo folgt, daß bei einer Subſtituirung von $\frac{PC^2}{EJ}$ durch dieſen letzteren Werth der obige Ausdruck ſich darſtellt als

$$\sin O = \tfrac{3}{2} \frac{f}{C}.$$

Dieſes gibt auf ſehr einfache Weiſe den Werth von dem Sinus des Neigungswinkels des Endes von dem feſten Körper.

213. Fall, wo der feſte Körper überdies eine gleichmäßig vertheilte Belaſtung trägt. — Iſt der feſte Körper zugleich einer gleichmäßig vertheilten Belaſtung und einer auf ſeiner Länge ſenkrechten und auf ſein Ende drückenden Kraft P unterworfen, ſo hat man

$$M = PX + \tfrac{1}{2} pX^2,$$

$$\text{und folglich } ni = \frac{1}{EJ} (PXx + \tfrac{1}{2} pX^2 x).$$

Die Summe aller, denen des zweiten Gliedes ähnlichen Produkte von dem Werth $X = C$ an, für welchen $\sin O = o$ iſt, bis zu X, iſt bekannt und man leitet ſomit ab

$$\sin O = \frac{1}{EJ} [\tfrac{1}{2} P(C^2 - X^2) + \tfrac{1}{6} p(C^3 - X^3)],$$

und dehnt man dieſen Ausdruck bis zum Ende des feſten Körpers aus, wo $X = o$ iſt, ſo hat man

$$\sin O = \frac{1}{EJ} (\tfrac{1}{2} PC^2 + \tfrac{1}{6} pC^3)$$

$$= \frac{1}{2EJ} (PC^2 + \tfrac{1}{3} pC^3).$$

214. Fall, wo die gleichmäßige Belaſtung und die äußere Kraft in entgegengeſetzten Richtungen wirken. — Würden die gleichmäßige und die äußere Belaſtung in entgegengeſetzter Richtung wirken, ſo hätte man

$$M = PX - \tfrac{1}{2} pX^2,$$

$$\text{und folglich } ni = \frac{1}{EJ} (PXx - \tfrac{1}{2} pX^2 x).$$

Hier bieten ſich beſondere Umſtände dar, welche Berückſichtigung verdienen. Zuerſt ſieht man, daß ſo lange $PX > \tfrac{1}{2} pX^2$ iſt, der Werth von sin O folgender iſt:

$$\sin O = \frac{1}{EJ} [\tfrac{1}{2} P(C^2 - X^2) - \tfrac{1}{6} p(C^3 - X^3)].$$

Dieſe Größe, welche für $X = C$, d. h. im Einlaſſungsſchnitt, Null iſt, vergrößert ſich bis zur Grenze, wo $PX = \tfrac{1}{2} pX^2$, was $X = \frac{2P}{p}$ entſpricht; ein Werth, für welchen $ni = o$ iſt; dies zeigt an, daß der Sinus mp des Neigungswinkels der Tangente C m zur Kurve aufhört zu wachſen und ſein Maximum erreicht hat.

Berechnen wir ſchicklicher Weiſe den Werth von sin O bis zu dieſer Grenze, die wir mit O′ bezeichnen, ſo erhalten wir den Ausdruck

$$\sin O' = \frac{1}{EJ} [\tfrac{1}{2} P(C^2 - X'^2) - \tfrac{1}{6} p(C^3 - X'^3).]$$

wo wir mit X′ den Abſtand von dem Maximal-Neigungspunkt zur Richtung der Kraft P bezeichnen.

Weil die Neigung der Tangente von dieſem Punkt an aufgehört hat zu wachſen und ſich jenſeits deſſelben verringert hat, ſo folgt, daß ſich in der Kurve eine Inflexion bildet.

Da über den nämlichen Punkt hinaus $PX < \tfrac{1}{2} pX^2$ iſt, ſo wird die Größe $M = PX - \tfrac{1}{2} pX^2$ negativ, welches beweiſt, daß

$$ni = \frac{1}{EJ} (PXx - \tfrac{1}{2} pX^2 x)$$

eine ſubtraktive oder negative Größe iſt, und daß die Summe ihrer abſoluten Werthe vom Inflexionspunkt aus von der des sin O abgeſchnitten werden muß. Aendert man alſo das Zeichen der Größe, um welche der Sinus variirt, ſo wird dieſe

$$\frac{1}{EJ} (\tfrac{1}{2} pX^2 x - PXx),$$

und die Summe ihrer Werthe von $X = X'$ bis zu $X = X''$

Digitized by Google

$$\frac{1}{EJ}\left[\tfrac{1}{6}p(X'^3-X''^3)-\tfrac{1}{2}P(X'^2-X''^2)\right],$$

muß von sin O abgeſchnitten werden, um den Werth von sin O zu geben, der der Entfernung X'' entſpricht; man hat alſo

$$\sin O=\sin O'-\frac{1}{EJ}\left[\tfrac{1}{6}p(X'^3-X''^3)-\tfrac{1}{2}P(X'^2-X''^2\right].$$

Es iſt alſo einleuchtend, daß sin O = o iſt, oder, daß die Tangente an der Kurve für den Werth von X'' horizontal wird, ſo, daß die Relazion

$$\sin O'=\frac{1}{EJ}\left[\tfrac{1}{6}p(X'^3-X''^3)-\tfrac{1}{2}P(X'^2-X''^2)\right]$$

gerechtfertigt iſt.

Man findet durch einen graphiſchen Entwurf den Werth von X'', welcher dieſem obigen Verhältniß entſpricht, wenn man von X' aus eine Reihe wachſender Werthe für X'' annimmt und dieſe als die Abſciſſen einer Kurve darſtellt, deren Ordinaten die Werthe des zweiten Gliedes obiger Relazion wären. Zieht man alsdann eine Parallele zur Abſciſſenlinie in einer dem sin O' gleichen Entfernung, ſo ſchneidet dieſe die Kurve in einem Punkte, deſſen Abſciſſe der Werth von X'' ſein muß; dieſes X'' entſpricht dem Punkt der Kurve, an welchem die Tangente horizontal iſt.

Da von dieſem Punkte aus die Größe

$$\frac{1}{EJ}\left[\tfrac{1}{6}p(X'^3-X''^3)-\tfrac{1}{2}P(X'^2-X''^2)\right]$$

immer zunimmt und größer iſt als sin O', ſo folgt, daß sin O negativ wird. Dieſes bedeutet, daß die Kurve aufſteigt und daß ihre Tangenten mit der Horizontalen Winkel bilden, deren Sinus die entgegengeſetzte Richtung haben wie die des erſten Theils.

Der größte dieſer negativen Werthe wird übrigens augenſcheinlich dem Werth X'' = o oder dem Punkt der Einwirkung der Kraft P ſelbſt entſprechen.

Aus dem Vorſtehenden geht hervor, daß ſich die Variazionen in der Form des feſten Körpers beſtimmen laſſen, und man bemerkt, daß, da die Faſern am Inflexionspunkt weder verlängert noch koncentrirt werden, der Körper daſelbſt nicht angeſtrengt wird. Im Gegentheil, der Punkt der Einlaſſung A iſt auf der ganzen linken vom Inflexionspunkte begrenzten Seite derjenige, welcher am weiſten angeſtrengt wird, und für welchen die Tangente horizontal iſt. Eben ſo verhält es ſich auf der rechten Seite.

215. Fall, wo der feſte Körper nur einer gleichmäßig vertheilten Belaſtung unterworfen iſt. — Man hat alsdann P = o, und der Werth des Sinus des Neigungswinkels reducirt ſich auf

$$\sin O=\tfrac{1}{6}\frac{pC^3}{EJ}.$$

Erinnert man ſich (§. 200), daß in dieſem Fall die Biegung des feſten Körpers ausgedrückt wird durch

$$f=\tfrac{1}{8}\frac{pC^3}{EJ}\cdot C,$$

woraus folgt

$$\frac{pC^3}{EJ}=\frac{8f}{C},$$

ſo ſchließt man daraus, daß $\sin O=\tfrac{1}{6}\frac{8f}{C}=\frac{4f}{3C}$, woraus ſich der Winkel O beſtimmen läßt, wenn man die Biegung und die Tragweite des feſten Körpers kennt.

216. Ein feſter Körper, horizontal auf zwei Stützpunkten liegend und einer Belaſtung 2 P unterworfen, die auf die Mitte ſeiner Länge drückt. — Man weiß aus §. 173, daß dieſer Fall auf den eines feſten Körpers herauskommt, der um die Hälfte kürzer und der mit einem Ende feſtgehalten, auf dem andern aber einer Kraft P unterworfen iſt.

217. Ein feſter Körper horizontal auf zwei Stützpunkten liegend und eine gleichmäßige Belaſtung tragend. — In dieſem Falle läßt ſich annehmen, der feſte Körper ſei in der Mitte ſeiner Länge feſtgehalten, und ſeine Hälften ſeien jede einer gleichmäßigen von oben nach unten drückenden Belaſtung p C und einer von dem Stützpunkte ausgehenden von unten nach oben wirkenden Reakzion, gleich p C, unterworfen.

Man hat alſo

$$M=pCX-\tfrac{1}{2}pX^2=pX(C-\tfrac{1}{2}X);$$

und da hier immer C > X und mit noch mehr Recht C > ½ X iſt, ſo folgt, daß die Krümmung ſtets in derſelben Richtung ſtattfindet.

Man hat auch $ni=\frac{1}{EJ}(pCXx-\tfrac{1}{2}pX^2x)$.

Nehmen wir die Summen der Werthe von ni, ſo müſſen wir bedenken, daß der allgemeine Werth von sin O durchaus ein ſolcher ſein muß, daß für den Werth X = C, welcher der Mitte der Länge des feſten Körpers entſpricht, sin O = o iſt; deshalb müſſen wir in dieſen allgemeinen Werth einen konſtanten durch dieſes Verhältniß beſtimmten Ausdruck bringen.

Setzt man alſo

Digitized by Google

$$\sin O = \frac{1}{EJ}\left(\frac{pCX^2}{2} - \tfrac{1}{6}pX^3\right) + \text{Constante}$$

so hat man bei dem oben angegebenen Verhältniß, daß nämlich, wenn $X = C$ ist, $\sin O = o$ sein muß:

$$\text{Constante} = -\frac{1}{3EJ}pC^3.$$

Der allgemeine Werth für $\sin O$ ist also

$$\sin O = \frac{1}{EJ}\left(\frac{pCX^2}{2} - \tfrac{1}{6}pX^3 - \tfrac{1}{3}pC^3\right),$$

und es erwächst hieraus für den Neigungswinkel des festen Körpers an seinem Stützpunkt, wo $X = o$

$$\sin O = -\tfrac{1}{3}\frac{pC^3}{EJ},$$

ein Werth, der negativ ist, weil die Tangente an der Kurve nach oben geneigt ist und zwar in umgekehrter Richtung als es in der Figur aus §. 212 angenommen wurde, was übrigens an dem Werthe nichts verändert.

Erinnert man sich, daß man in diesem Falle (§. 202) hat

$$f = \tfrac{5}{24}\frac{pC^3}{EJ}\cdot C,$$

woraus

$$\tfrac{1}{3}\frac{pC^3}{EJ}C = \tfrac{8}{5}f$$

so hat man

$$\sin O = \tfrac{1}{5}\frac{f}{C},$$

woraus sich die Neigung der Enden des Körpers bestimmen läßt, wenn man seine Biegung und seine Tragweite kennt.

218. Ein fester Körper horizontal auf zwei Stützpunkten liegend, eine auf die Mitte seiner Länge drückende Belastung $2P$ und eine gleichmäßig vertheilte Belastung $2pC$ tragend. — Man weiß, daß in diesem Fall die Last auf die Stützpunkte $P + pC$ ist und daß sich annehmen läßt, der feste Körper sei in seiner Mitte festgehalten und jede seiner beiden Hälften habe an ihrem Ende eine von unten nach oben wirkende Kraft $P + pC$, so wie eine auf ihre Länge gleichmäßig vertheilte Last pC zu tragen. Man hat also

$$M = (P + pC)X - \tfrac{1}{2}pX^2,$$

eine Gleichung, in welcher der erste Ausdruck des zweiten Gliedes immer größer ist als der zweite, so daß die Krümmung keine Inflexion darbietet. Man leitet hieraus ab

$$ni = \frac{1}{EJ}[(P + pC)Xx - \tfrac{1}{2}pX^2x].$$

Nimmt man hier wieder die Summe der Werthe von ni, so muß man berücksichtigen, daß die Neigung der Tangente zur Kurve in der Mitte der Länge des festen Körpers, wo $X = C$, Null ist; wir müssen also dieser Summe eine konstante Größe hinzufügen, deren Werth durch dieses Verhältniß bestimmt wird.

Man hat also

$$\sin O = \frac{1}{EJ}\left[\frac{(P + pC)X^2}{2} - \tfrac{1}{6}pX^3\right] + \text{Constante};$$

setzt man $X = C$, so folgt

$$\text{Constante} = -\frac{1}{EJ}\left(\frac{PC^2}{2} + \tfrac{1}{3}pC^3\right).$$

Der allgemeine Werth von $\sin O$ wird also

$$\sin O = \frac{1}{EJ}\left[\frac{(P+pC)X^2}{2} - \tfrac{1}{6}pX^3 - \left(\frac{PC^2}{2} + \tfrac{1}{3}pC^3\right)\right],$$

und für $X = C$ reducirt sich dieser Werth auf

$$\sin O = -\frac{1}{EJ}\left(\frac{PC^2}{2} + \tfrac{1}{3}pC^3\right).$$

Vorstehende Formeln zeigen, wie man dabei zu Werke gehen muß, um in den einfachsten Fällen die Neigung der verschiedenen Elemente der unter der Einwirkung der äußeren Kräfte sich biegenden festen Körper zu bestimmen. Da aber diese Untersuchung für die Praxis im Allgemeinen weniger wesentlich ist, so werden wir uns nicht länger dabei aufhalten. Wir verweisen in dieser Hinsicht auf die Vorlesungen Poncelet's über das Material, in welchen er eine allgemeine Methode für Untersuchungen dieser Art angegeben hat. Was oben gesagt worden, ist nur die Anwendung dieser Methode auf die einfachsten Fälle.

Praktische Folgerungen aus der Theorie.

219. Proporzionale Verlängerung und Verkürzung der Fasern durch die Biegung. — Erinnert man sich aus §. 129, daß man zwischen der proporzionalen Verlängerung i einer Faser (ihre Entfernung zur neutralen Achse $= v$) und dem Krümmungsradius r dieser Linie des festen Körpers für den betrachteten Durchschnitt das Verhältniß hat

$$i = \frac{v}{r},$$

so sieht man, daß man für die Faser, welche die größte Verlängerung oder Verkürzung erleidet, hat

$$i' = \frac{v'}{r};$$

und da

$$\frac{1}{r} = \frac{PX}{EJ},$$

Digitized by Google

so folgt, daß diese proporzionale Verlängerung durch den Ausdruck gegeben ist

$$i' = \frac{PXv'}{EJ},$$

und für den Einlassungsdurchschnitt

$$i' = \frac{PCv'}{EJ}.$$

Es unterliegt somit nie einer Schwierigkeit die proporzionale Längenveränderung, welche die am meisten verlängerte oder verkürzte Faser durch die Biegung erleidet, zu berechnen und sich sicher zu stellen, daß diese Veränderung die durch die Erfahrung angegebenen und in der Tabelle §. 40 aufgestellten Grenzen nicht überschreite.

Würden mehrere Kräfte auf den festen Körper einwirken, so hätte man

$$r = \frac{EJ}{Pp + Qq + \text{ꝛc.} \ldots}$$

und

$$i' = \frac{(Pp + Qq + \text{ꝛc.} \ldots)v'}{EJ}$$

Nimmt man den größten Werth dieser Größe, so hat man die größte Veränderung der Länge, welche die Fasern erleiden.

220. Anwendung auf die praktischen Formeln. — Man kann sich leicht überzeugen, daß die praktischen Formeln und die von uns angenommenen Werthe des Koefficienten R der Bedingung entsprechen, daß das Maximum der Längenveränderung irgend einer Faser die Grenze nicht erreicht, über welche hinaus die Elasticität merklich verändert ist, d. h. wo die Verlängerungen und Verkürzungen den Kräften, die sie bewirken, aufhören proporzional zu sein.

Betrachten wir in der That den einfachen Fall einer einzigen Kraft P, die an dem Ende eines festen Körpers von der Länge C senkrecht auf seine Länge wirkt, so haben wir

$$i' = \frac{PCv'}{EJ},$$

woraus

$$\frac{J}{v'} = \frac{PC}{Ei'} = \frac{PC}{R};$$

dies ist die auf alle Profile anwendbare allgemeine Formel.

Die Tabelle aus §. 40 gibt uns die entsprechenden Werthe von E' und i für die Elasticitätsgrenze der verschiedenen Körper, und man leitet daraus diejenige weiteste Grenze ab, welche das Produkt Ei' erreichen kann, ohne daß die Elasticität verändert wird.

Angenommene Werthe für den praktischen Koefficienten R.

Stabeisen	$Ei' = 18000000000 \times 0{,}0008$	$= 14400000$	6000000	
Weiches Eisen	$Ei' = 20000000000 \times 0{,}00066$	$= 13200000$		
Gewalztes Stabeisen und Röhren von Eisenblech	$Ei' = 12000000000 \times 0{,}0008$	$= 9600000$		
Schmelzstahl	$Ei' = 21000000000 \times 0{,}0012$	$= 25200000$	12500000	
Gußstahl	$Ei' = 30000000000 \times 0{,}000222$	$= 66600000$	16660000	
Gares Roheisen mit feinem Korn	$Ei' = 12000000000 \times 0{,}00083$	$= 9960000$	7500000	
Ordinäres englisches gares Roheisen	$Ei'' = 9000000000 \times 0{,}000715$	$= 6435000$		
Eichenholz	$Ei' = 1200000000 \times 0{,}00167$	$= 2000400$	600000	
Tannenholz	$Ei'' = 1300000000 \times 0{,}00117$	$= 1521000$		

Aus dieser Vergleichung sieht man, daß die angenommenen Werthe der Zahl R, — welche die Belastung vorstellen, die man konstant und mit Sicherheit den zu einem längere Zeit dauernden Widerstand bestimmten festen Körpern aufladen kann, — beinahe alle halb so groß sind als diejenigen, für welche sich die Elasticität zu verändern anfangen würde und die Biegungen aufhörten den Belastungen proporzional zu sein.

Das Gußeisen allein macht eine Ausnahme, und diese Diskussion zeigt, daß der Werth R = 7500000 Kilogr., wie wir ihn angenommen haben, der höhern erlaubten Grenze für das Eisen von zweitem Guß guter Qualität sehr nahe liegt, und vielleicht für das vom ersten Guß, welches im Allgemeinen mehr Kohlenstoff enthält und geschmeidiger ist, namentlich in großen Stücken, ein wenig zu schwach ist.

Indessen zeigt die Vergleichung der im Allgemeinen erlaubten Belastungen und der Dimensionen, welche man den Formeln gemäß mit den getragenen Belastungen den festen Körpern geben muß, daß dieser Werth R = 7500000 Kil. im Allgemeinen hinreichend ist, zumal wenn man die Vorsicht gebraucht, die Berechnung nach der stärksten der permanenten Belastungen in jedem Falle zu machen.

Digitized by Google

Zugleich aber lernen wir daraus, daß man bei bedeutenderen Bauten Sorge tragen muß daß das dabei zu verwendende Gußeiſen vom zweiten Guß, von feinem Korn, einem hellen homogenen Grau und mit allen den Vorſichtsmaßregeln gegoſſen ſei, die man nur immer ergreifen kann, um Fehler zu vermeiden.

Trotz aller dieſer Sicherheitsmaßregeln ſtellt es ſich aber doch heraus, daß das Schmiedeiſen mehr Sicherheit darbietet als das Gußeiſen, beſonders bei großen Bauten, weil der Werth R im Allgemeinen nicht der Hälfte von demjenigen gleichkommt, welcher bei dieſem Metall der Elaſticitätsgrenze entſpricht.

Die von Herrn Fairbairn probirten Balken mit doppelter ⊤ Form, — die wie man weiter unten ſehen wird nur einen Elaſticitätskoefficienten E von 11 oder 12000000000 Kil. haben, einen folglich viel geringeren als der iſt, welchen die gewöhnlichen Stangen und Balken von Eiſenblech und ſelbſt die Röhre von Conway geben, welche bei den Verſuchen, denen ſie unterworfen wurde, den Werth

$$E = 13185000000 \text{ Kil.}$$

gab, — zeigen, daß für die ſchwächſten Werthe des Elaſticitätskoefficienten des Eiſens der Werth

$$R = 6000000 \text{ Kil.}$$

zu Dimenſionen führt, die hinreichend ſind, um die Feſtigkeit der Bauten zu ſichern.

221. Vergleichung der Formel, welche die Bedingungen des permanenten Gleichgewichts ausdrückt, und derjenigen welche die Biegung der auf zwei Stützpunkten aufliegenden feſten Körper gibt. — Erinnert man ſich, daß die Bedingung des permanenten Gleichgewichts der feſten Körper, die einer auf ihre Mitte und ſenkrecht auf ihre Länge drückenden Laſt 2 P unterworfen ſind,

$$\frac{RJ}{v'} = PC$$

iſt, wo R das Maximum der Zugkraft oder der Kompreſſion, welche man auf der Einheitsfläche ausüben kann, und v' die Entfernung der am meiſten verlängerten oder verkürzten Faſer zur neutralen Achſe andeutet; bringt man ferner dieſe Formel mit der aus §. 190

$$f = \tfrac{1}{8}\frac{PC^3}{EJ}$$

in Verbindung, ſo ſieht man, daß wenn man in dieſer letztern Formel für P C den aus der vorigen Formel abgeleiteten Werth ſetzt, ſo, daß alſo die Biegung f diejenige iſt, welche von der durch die erſte Formel beſtimmten Belaſtung erzeugt wird, folgende Formel entſteht

$$f = \tfrac{1}{8}\frac{RJC^2}{EJv'} = \tfrac{1}{8}\frac{R}{E}\cdot\frac{C^2}{v'},$$

die ſich auch darſtellen läßt:

$$\frac{f}{2C} = \tfrac{1}{8}\frac{R}{E}\cdot\frac{C}{v'}.$$

Handelt es ſich z. B. um feſte Körper von rechteckigem Durchſchnitt oder von jedem andern Profil, deſſen Schwerpunkt oder neutrale Achſe in der Hälfte der Höhe b liegt, ſo iſt $v' = \frac{b}{2}$ und es entſteht die Formel

$$\frac{f}{2C} = \tfrac{1}{8}\frac{R}{E}\cdot\frac{2C}{b}.$$

Hieraus geht hervor, daß innerhalb der Belaſtungsgrenzen, welche die Elaſticität der Körper nicht verändern und wo die Größen R und E konſtant ſind, das Verhältniß der Biegung der feſten Körper zu ihrer Tragweite variirt, wie das ihrer Tragweite zu ihrer Höhe, welches auch übrigens die Form ihres Profils ſein möge, vorausgeſetzt, daß es in Bezug auf die durch den Schwerpunkt gehende Linie ſymmetriſch iſt.

Bei Balkendecken, Brücken u. ſ. w. aber läßt ſich leicht einſehen, daß zwiſchen den Biegungen in der Mitte und den Tragweiten ein Verhältniß obwalten muß, welches man nicht wohl überſchreiten darf, und man begreift, daß wenn das Verhältniß $\frac{f}{2C}$ konſtant ſein ſoll, auch das der Tragweite zur Höhe der Stützen konſtant ſein muß.

222. Alte Regel der Zimmerleute. — Die Praxis war der Theorie vorgeeilt, um dieſe konſtante Proporzion der Tragweite zur Höhe der feſten Körper zu beſtimmen. Bei den alten Zimmerleuten, welche Balken mit viereckigem Durchſchnitt verwandten, galt in der That die Regel für das Gevierte dieſer Stücke $\frac{1}{14}$ ihrer Tragweite, wenn ſie 3 Meter voneinander entfernt waren, und $\frac{1}{15}$ anzunehmen, wenn die Entfernung 5 Met. betrug. Da in dieſem letzteren Falle die Belaſtung jedes Balkens eine größere iſt als im erſteren, obwohl die Tragweite die nämliche bleibt, ſo muß das Gevierte größer werden.

Bringen wir in die Formel

$$\frac{f}{2C} = \tfrac{1}{8}\frac{R}{E}\cdot\frac{2C}{b}$$

Digitized by Google

die Werthe von R und E, wie wir sie in den §§. 40 und 161 für das Holz, Gußeisen und Schmiedeisen angenommen haben, und welche folgende sind:

Holz . . R = 600000 Kil., E = 1200000000 Kil.
Gußeisen . R = 7500000 „ E = 12000000000 „
Schmiedeisen R = 6000000 „ E = 20000000000 „,

so finden wir, daß die Formel folgendermaßen sich darstellt:

für das Holz $\frac{f}{2C} = \frac{1}{6} \cdot \frac{1}{2000} \cdot \frac{2C}{b} = \frac{1}{12000} \frac{2C}{b}$,

was nach der Zimmermannsregel für Deckenbalken mit Abstand von

3 Met. $\frac{f}{2C} = \frac{1}{12000} \times 18 = \frac{1}{666}$, woraus $f = \frac{1}{666} 2C$;

5 Met. $\frac{f}{2C} = \frac{1}{12000} \times 14 = \frac{1}{857}$, woraus $f = \frac{1}{857} 2C$

geben würde. Für Guß- und Schmiedeisen gibt die Substituirung der Werthe von E und R ganz einfach:

Roheisen $\frac{f}{2C} = \frac{1}{6} \frac{75}{120000} \frac{2C}{b} = \frac{1}{9600} \frac{2C}{b}$,

Schmiedeisen $\frac{f}{2C} = \frac{1}{6} \frac{6}{20000} \frac{2C}{b} = \frac{1}{20000} \frac{2C}{b}$.

223. Folgerung für das Schmied- und Gußeisen. — Diese numerischen Formeln zeigen, daß bei weiter Tragweite und Höhe für Balken aus Gußeisen oder Eisenblech das Verhältniß der Biegungen zu den Tragweiten oder die Biegungen selbst nach den von uns angenommenen praktischen Koefficienten für das Schmiedeisen viel geringer ist als für das Gußeisen; und da mit diesen Koefficienten und bei dem Preis der Materialien das Schmiedeisen ökonomischer ist (bei gleicher Widerstandsfähigkeit), so sieht man, daß der Gebrauch dieses Metalles, welches geringere absolute Biegungen zeigt und die Eigenschaft hat nicht plötzlich nachzugeben, sondern sich zu biegen und solchergestalt auf die Gefahr, welche der Bau läuft, aufmerksam zu machen, dem des Gußeisens bei weitem vorzuziehen ist.

Resultate aus den Versuchen über die Biegung und den dadurch erfolgenden Bruch.

224. Anwendung der Formeln auf die neuesten Versuche. — Nachdem wir die praktischen Formeln auseinandergesetzt, mit deren Hilfe man die Belastungen, die man in den verschiedenen Fällen den festen Körpern von verschiedener Gestaltung aufladen kann, und die Biegungen berechnet haben, welche sie unter diesen Belastungen zeigen, müssen wir die Resultate dieser Formeln mit denen der Erfahrung vergleichen, um zu erfahren, bis zu welchem Punkt und, wo möglich, innerhalb welcher Grenzen sie der Wahrheit gemäß die der Erfahrung entnommenen Thatsachen vertreten. Dies ist nunmehr unser Zweck, und wir werden daher die Resultate einer großen Anzahl von Materialien verschiedener Art und von mehreren Ingenieuren angestellter Versuche besprechen. Vorzugsweise werden wir uns an diejenigen halten, welche neuerdings in England ausgeführt wurden, und zwar bei Gelegenheit des riesenhaften Brückenbaues der Insel Anglesea und der Eisenbahnarbeiten, deren Resultate in dem Bericht der Untersuchungskommission über die Anwendung des Schmiedeisens bei Eisenbahnbauten verzeichnet sind. Außer ihrer Neuheit haben diese Versuche das Verdienst an festen Körpern von großen Verhältnissen angestellt worden zu sein, und folglich Resultate zu liefern, die so weit es möglich ist den Anwendungsfällen nahe kommen.

Die Versuche mit den Holzarten sind bei weitem weniger zahlreich; um aber bei dieser Frage alle die wichtigsten Daten zu vereinigen, werden wir nach der Reihe die Holzarten, das Gußeisen und das Schmiedeisen prüfen und in der Folge die Röhren von Eisenblech und den Einfluß der Bewegung der Last auf die beobachteten Biegungen untersuchen.

Widerstandsfähigkeit der Holzarten gegen die Biegung.

225. Versuche P. Barlow's über die Biegung der Holzarten. — Dieser gelehrte Professor hat an verschiedenen Hölzern aus den Magazinen des Dockyard's von Woolwich eine lange Reihe von Versuchen angestellt, nach welchen er die Elasticitäts- und Bruchkoefficienten der verschiedenen Holzarbeiten so wie die Biegungsgrenze bestimmt hat, über welche hinaus die Elasticität verändert erscheint oder die Biegungen aufhören den Belastungen proporzional zu sein. Alle erprobten Stücke hatten 0m0508 im Quadrat und in der Regel 2m135 Tragweite. Die Resultate der Versuche und der Anwendung der Formeln

$$R = \frac{6PC}{abv'} \text{ und } E = \frac{4PC^3}{fab^3}$$

sind in der folgenden Tabelle enthalten.

Digitized by Google

Holzarten	Gewicht des Kubikmeters	Maximumbelaſtung, unter der die Elaſticität nicht verändert iſt	Biegung dieſer Belaſtung entſprechend in Bruchtheilen d. Länge	Proporzionales Maximum der Verlängerung	Elaſticitäts-koefficient	Bruch-koefficient	Verhältniß der Belaſtung, jenſeits welcher ſich die Elaſticität verändert zu der des Bruches.
		$\frac{2P}{}$	$\frac{f}{2C}$	i'	E	R	
	Kil.	Kil.			Kil.	Kil.	
Thekaholz	745	136,0	$\frac{1}{73}$	0,000195	1701520000	10382000	0,320
Poon	579	68,0	$\frac{1}{102}$	0,001395	1190720000	9360000	0,178
Engliſche Eiche	969	68,0	$\frac{1}{53}$	0,002698	615660000	4980000	0,300
Engliſche Eiche	934	90,5	$\frac{1}{66}$	0,002162	1023720000	7050700	0,314
Eiche von Kanada	872	102,0	$\frac{1}{75}$	0,001648	1511530000	7447100	0,335
Eiche von Danzig	756	90,5	$\frac{1}{48}$	0,002633	839480000	6059800	0,357
Eiche vom adriatiſchen Meere	993	68,0	$\frac{1}{59}$	0,002419	686680000	5832100	0,283
Eſche	760	102,0	$\frac{1}{66}$	0,002110	1159150000	8543500	0,291
Buche	693	68,0	$\frac{1}{82}$	0,001517	1094900000	6561600	0,253
Ulme	553	56,7	$\frac{1}{50}$	0,002808	493200000	4271800	0,324
Harzfichte	660	68,0	$\frac{1}{74}$	0,001922	863730000	6882000	0,242
Rothfichte	657	68,0	$\frac{1}{112}$	0,001279	1299700000	5654900	0,294
Tanne von Neu-England . .	553	68,0	$\frac{1}{101}$	0,001073	1547800000	4647700	0,357
Tanne von Riga	753	56,7	$\frac{1}{98}$	0,001483	934310000	4672300	0,296
Tanne von Riga	738	68,0	$\frac{1}{95}$	0,002040	697970000	4435200	0,321
Tanne aus dem Walde v. Mar	696	56,7	$\frac{1}{58}$	0,003046	454810000	4824200	0,287
desgl.	693	68,0	$\frac{1}{83}$	0,002324	612840000	5321800	0,268
Lerchenbaum	531	56,7	$\frac{1}{45}$	0,003189	434350000	3597100	0,385
desgl.	522	56,7	$\frac{1}{108}$	0,001877	632570000	3508500	0,338
desgl.	556	68,0	$\frac{1}{101}$	0,001919	741950000	4752500	0,300
desgl.	560	68,0	$\frac{1}{101}$	0,001919	741950000	4845200	0,294

Es ſind hier auch die Werthe der proporzionalen Verlängerung i' aufgeführt, die die Faſern erleiden, deren Länge unter den Belaſtungen, welche die von dem Verfaſſer angegebenen größten proporzionalen Biegungen erzeugt haben, am meiſten variirt hat. Indeſſen muß man darauf aufmerkſam machen, daß dieſe Verlängerung und die entſprechenden Belaſtungen vielleicht ein wenig zu ſchwach ſind, da die Belaſtungen nicht mit großer Sorgfalt beſtimmt worden zu ſein ſcheinen.

Man erinnert ſich, daß die proporzionale Verlängerung in dieſem Falle durch die Formel (209) gegeben iſt

$$i' = \frac{P C v'}{E J} = \frac{6 P C}{E b^2},$$

deren Bezeichnung bekannt iſt.

Wendet man auf einige dieſer Reſultate und beſonders auf die Tanne von Riga und auf die aus dem Walde von Mar, welche einer der ſchwächſten iſt, und endlich auf den Lerchenbaum das Raiſonnement aus §. 220 an, um den Werth des Produktes $E i'$ des Elaſticitätskoefficienten durch die größte proporzionale Verlängerung zu beſtimmen, welche die Faſern ohne Veränderung der Elaſticität annehmen können, ſo findet man für

die Tanne von Riga $E i' = 697970000^{\text{Kil.}} \times 0{,}000204$
$= 1423859^{\text{Kil.}}$,

die Tanne von Mar $E i' = 454810000^{\text{Kil.}} \times 0{,}003046$
$= 1385351^{\text{Kil.}}$

den Lerchenbaum $E i' = 434350000^{\text{Kil.}} \times 0{,}003189$
$= 1385142^{\text{Kil.}}$

Man ſieht alſo, daß der Werth $R = 600000$ Kil.,

Digitized by Google

welchen wir für die praktiſchen Formeln hinſichtlich des Holzes angenommen haben, ſich ſelbſt noch auf dieſe drei Varietäten des Holzes, die ſchwächſten der ganzen von Barlow verſuchten Reihe, anwenden läßt.

226. Verſuche der Herren Chevandier und Wertheim. — Dieſe praktiſchen Beobachter, deren Reſultate wir im §. 40 theilweiſe mitgetheilt haben, um kennen zu lernen, ob die an Probeſtücken erhaltenen Reſultate auch für Holzſtücke von den in der Praxis gebräuchlichen Dimenſionen gelten, haben ihre Verſuche an Tannenholz und an Eichenholz aus den Vogeſen wiederholt und zwar mit denſelben Dimenſionen. Ihre Reſultate finden ſich in folgender Tabelle.

Holz.	Gebräuchliche Bezeichnungen.	Abſtand der Stützen.	Länge der Stücke.	Breite der Stücke.	Dicke der Stücke.	Dichtigkeit.	Elaſticitätskoefficienten.	Belaſtung in der Mitte, die den Bruch erzeugt.
	Zoll Zoll	Met.	Met.	Cent.	Cent.		Kilog.	Kilog.
Vogeſen-Tanne	11 auf 12	13,00	14,00	28,09	32,41	0,530	1136700000	6404
	9 „ 10	11,00	13,00	25,46	28.35	0,506	1156700000	5394
	8 „ 9	9,00	10,48	22,30	24,30	0,548	1026900000	3447
	6 „ 7	9,00	10,46	16,99	19,63	0,525	1245000000	2082
	Sparren . .	9,00	10,47	9,27	12,31	0,481	1257600000	517
	Bohlen . .	3,02	4,24	24,63	5,40	0,493	1089800000	917
	Bretter . .	3,02	4,25	24,13	2,78	0,479	1202200000	264
					Mittel	0,509	1156400000	
Eiche mit aufſitzenden Eicheln.	8,5 auf 9,5	5,50	5,87	23,18	25,28	1,008	825100000	7889
	8 „ 9	5,50	6,11	21,67	23,67	0,958	822300000	7189
	7 „ 8	5,50	7,06	19,07	22,00	0,922	858900000	5225
	6 „ 7	5,50	6,82	15,99	18,90	0,928	1007000000	5525
	5 „ 6	5,50	6,54	13,67	16,10	0,985	638100000	2225
Eiche mit geſtielten Eicheln.	Sparren . .	3,00	4,01	8,28	8,14	0,636	601300000	540
	Sparren . .	2,50	4,00	7,82	8,04	0,759	774300000	735
	Halbholz . .	5,50	6,50	29,34	5,46	0,685	965800000	435
	Kreuzholz .	3,00	3,65	14,34	4,22	0,824	1210700000	375
	Bohlen . .	3,00	3,37	24,22	2,82	0,712	1251200000	325
					Mittel	0,842	895500000	

Man ſieht aus den in dieſer Tabelle verzeichneten Reſultaten, daß die Werthe der Dichtigkeiten und der Elaſticitätskoefficienten, die aus dieſen Verſuchen an Werkhölzern von gebräuchlichen Dimenſionen abgeleitet ſind, von den mittleren Werthen, wie ſie ſich für dieſelben Größen aus den Verſuchen an Probeſtücken ergeben, nicht ſo ſehr differiren, als dieſes unter ihnen ſelbſt zwiſchen zwei Werkhölzern der Fall iſt; es läßt ſich alſo auf alle praktiſchen Fragen mit den im §. 40 aufgeführten mittleren Werthen und folglich auch mit dem Werthe R, den wir für die gebräuchlichen Formeln aufgeſtellt haben, genügend antworten.

227. Wirkungen der Austrocknungen der Hölzer durch Dampf oder heißes Waſſer. — In der Technik kommt zuweilen Holz zur Anwendung, deſſen Austrocknung beſchleunigt oder deſſen Krümmung nach den gegebenen Formen erleichtert wird, wenn man es eine Zeit lang einem Dampfbade ausſetzt oder es in einen Keſſel mit ſiedendem Waſſer legt, worauf man es unter einem Dach trocknen läßt.

Barlow hat einige Verſuche über die vergleichungsweiſe Feſtigkeit des ſo präparirten Holzes angegeben; ſie wurden an Stücken von Eichenholz von 1^m83 Länge bei 0^m0508 Quadrat angeſtellt, die von einem und demſelben Baume waren. Die Reſultate finden ſich in der folgenden Tabelle.

Digitized by Google

Anzahl der Verſuche.	Präparazions-Methode der Hölzer.	Dauer der Präparazion.	Biegung der Stücke unter der Belaſtung von 45Kil.3.	Bruchbelaſtungen.	
		Stunden	Meter	Kil.	Mittel Kil.
1	Gewöhnlicher Zuſtand	"	0,0108	328	304
2	Natürliche Austrocknung	"	0,0127	280	
3	Austrocknung durch Dampf.	5	0,0114	280	304
4		5	0,0108	328	
5		10	0,0109	300	278
6		10	0,0120	257	
7		2	0,0127	257	278
8		2	0,0108	300	
9		4	0,0117	300	278
10		4	0,0133	257	
11	Austrocknung durch heißes Waſſer.	6	0,0140	271	288
12		6	0,0108	265	
13		8	0,0120	293	290
14		8	0,0127	287	
15		10	0,0140	257	275
16		10	0,0127	293	

Im Ganzen ſcheinen dieſe Verſuche ungeachtet einiger Divergenzen zu zeigen, daß das mit Dampf oder heißem Waſſer präparirte Holz dieſelbe Straffheit oder dieſelbe Widerſtandsfähigkeit gegen die Biegung hat wie das Holz im gewöhnlichen Zuſtande, daß es aber im Allgemeinen dem Bruch weniger reſiſtirt.

Man muß darauf aufmerkſam machen, daß dieſe Verſuche nicht vollſtändig ſind und beſonders, daß ſie an bereits trockenem Holze angeſtellt wurden, während der Dampf und das heiße Waſſer zur Austrocknung des Holzes oft angewendet wird.

Es wäre zu wünſchen, daß neuere vollſtändigere Verſuche an Holz, das durch heiße Luft oder durch erhitzten Dampf ausgetrocknet iſt, ſorgfältig und auf umfaſſende Weiſe angeſtellt würden.

Widerſtandsfähigkeit des Gußeiſens gegen die Biegung.

228. *Verſuche, um die Biegungen der gußeiſernen Stangen mit ihren Tragweiten zu vergleichen.* — Gußeiſerne Stangen von Blaenavon von der Dicke $b = 0^m0775$ auf eine Breite $a = 0^m077$ wurden bei einer Tragweite $2C = 4^m12$ verſucht; zwiſchen den Stützpunkten betrug mithin das Gewicht $2pC = 192^{Kil.}$ Nachdem ſie gebrochen waren, wurden ſie bei der Tragweite $2C = 2^m07$ probirt, wo das Gewicht zwiſchen den Stützen nicht mehr betrug als $2pC_1 = 85^{Kil.}$ Die folgende Tabelle gibt die Reſultate an.

Belaſtungen 2 P.	Stangen von 4^m12 Tragweite. Biegungen.	Stangen von 2^m07 Tragweite. Biegungen.
Kil.	Meter	Meter
50,78		
101,56	0,00495	
203,13	0,0106	0,00129
304,69	0,0160	
406,26	0,0224	0,00264
507,22	0,0292	
609,38	0,0367	0,00403
711,01	0,0451	
812,51	0,0554	0,0055
914,08	0,0653	
		0,0070
1015,64	0,0760	0,0072
		Mitt. 0,0071
1117,20	0,0922	
1218,76	0,1040	0,00885
1310,32		
1411,88		0,0105
1615,01		0,0123
1818,14		0,0142
2031,28		0,0166
2234,41		0,0196
2437,54		0,0227
2640,67		0,0264
2843,80		

Digitized by Google

Stellt man ſich dieſe Reſultate graphiſch vor, indem man die Belaſtungen 2 P als Abſciſſen im Maßſtab von 1 Millim. 00 für $10^{Kil.}$ und die Biegungen in natürlicher Größe als Ordinaten nimmt, ſo zeigt die Kurve, deren Figur (39) eine Redukzion auf halbe Größe iſt:

1. daß für die Tragweite $2C = 4^m12$ die Biegungen den Belaſtungen merklich proporzional ſind, wenigſtens bis zur Belaſtung von $304^{Kil.}69$ und ſelbſt noch etwas darüber hinaus, und daß die Biegung in dieſem Falle 0^m016 oder $\frac{0,016}{4,12} = \frac{1}{257,5}$ der Tragweite beträgt;

2. daß es ſich für die Tragweite $2C = 2^m07$ eben ſo verhält, bis ungefähr zur Belaſtung von $1117^{Kil.}20$ und ſelbſt noch etwas darüber hinaus, und daß alsdann die Biegung 0,0071 oder $\frac{0,0071}{2,07} = \frac{1}{291}$ der Tragweite beträgt;

3. vergleicht man ſodann das Verhältniß der Biegungen zu den Belaſtungen innerhalb dieſer Grenzen, ſo findet man für die Tragweite $2C = 4^m12$ das Verhältniß $\frac{0^m016}{304,69} = 0,00005250$, und für $2C = 2^m07$ das Verhältniß $\frac{0^m0055}{812,51} = 0,00000677$; das Verhältniß zwiſchen dieſen beiden Zahlen iſt $\frac{5250}{677} = 7.75$, während das Verhältniß der Kuben der Tragweiten iſt $\left(\frac{4,12}{2,07}\right)^3 = 7,95$.

Man ſieht alſo, daß innerhalb der Grenzen der Biegung, wo die Krümmungspfeile den Belaſtungen merklich proporzional ſind, die Totalbiegungen und ihre Verhältniſſe zu den Belaſtungen den Kuben der Tragweiten proporzional ſind wie die Theorie gelehrt hat.

Man wird bemerken, daß nach der praktiſchen Formel aus §. 162 die Belaſtungen, welche die Stangen permanent tragen könnten, für die Tragweite $2C = 4^m12$ nur betragen würden

$$P = \frac{ab^2 \times 1250000}{C} = 280^{Kil.}3$$

und für die Tragweite $2C = 2,07$

$$P = \frac{a\,b^2\,1250000}{C} = 560^{Kil.};$$

woraus hervorgeht, daß die aus der Theorie abgeleiteten Regeln innerhalb der Grenzen von Belaſtungen, welchen die Körper unterworfen werden können, hinlänglich genau ſind, und daß dieſe Belaſtungen faſt nur den Viertheil oder Fünftheil der Bruchbelaſtung ausmachen.

Berechnet man mit Hilfe der Formel $PC = \frac{1}{6} R_r ab^2$ den Werth des Bruchkoefficienten R_r nach dieſen Verſuchen, ſo findet man für die erſte Reihe, wo $2C = 4^m12$ und $2P = 1218^{Kil.}76$,

$$R_r = 16303000^{Kil.}$$

und für die zweite Reihe, wo $2C = 2^m06$ und $2P = 2640,67$,

$$R_r = 19020000^{Kil.},$$

deſſen Mittel $17661500^{Kil.}$ übrigens ſchwächer iſt als das, welches ſich für anderes Gußeiſen ergibt.

Berechnet man die Elaſticitätskoefficienten dieſer Stangen durch die Formel aus §. 206

$$E = \frac{4C^3 (P + \frac{5}{8} pC)}{fab^3},$$

indem man ſie für die Belaſtungen anwendet, jenſeits welcher die Elaſticität ſich zu verändern beginnt, und indem man zugibt, daß die gemeſſenen Pfeile um eine Größe, die $\frac{5}{8}$ von pC oder dem Eigengewicht des feſten Körpers proporzional iſt, vermehrt werden müſſen, ſo findet man für die Erfahrung der erſten Reihe, für welche man hatte

$2P = 304^{Kil.}692$, $2pC = 192^{Kil.}$, $2C = 4^m12$,

und wo die Figur für den Pfeil, welcher der als auf die Mitte drückend angenommenen Belaſtung $\frac{5}{8}\,2pC$ zukommt, 0^m003 gibt:

$$E = \frac{4 \times 2,06^3 (152,346 + 60)}{0^m019 \times 0^m077 \times 0,0775^3} = 10903000 \text{ Kil.},$$

und für die der zweiten Reihe, wo

$2P = 406^{Kil.}256$, $2pC = 85^{Kil.}$, $2C = 2^m07$,

und wo die Figur für den Pfeil, welcher der als auf die Mitte drückend angenommenen Belaſtung $\frac{5}{8}\,2pC = 53^{Kil.}$ zukommt, 0^m0005 gibt:

$$E = \frac{4 \times 1,035^3 (203,128 + 26,5)}{0^m00224 \times 0^m077 \times 0,0775^3} 12668180000^{Kil.}$$

Das Mittel $11785500000^{Kil.}$ dieſer beiden Werthe differirt wenig von dem, welches man aus dem Enſemble der ſpäter anzuführenden Verſuche gewinnt.

229. Anderer Verſuch über den Widerſtand des Gußeiſens gegen die Biegung und den Querbruch. — Nehmen wir ein anderes Beiſpiel und wählen dieſes aus den biegſamſten Gußeiſenſorten, über welche uns Daten vorliegen.

Digitized by Google

Man findet in dem Berichte der engl. Kommission andere Versuche an fünf Gußeisenstangen von Blaenavon von Nr. 2, die horizontal auf Walzen gelegt wurden, eine Tragweite $2C = 13$ Fuß 6 Zoll $= 4^m1175$ hatten und Belastungen unterworfen waren, die senkrecht auf ihre Mitte drückten; ihre Breite betrug $a = 0^m078$, ihre Dicke $b = 0^m039$, und das Eigengewicht des festen Körpers zwischen den Stützen $2pC = 88^{Kil.}92$.

Die folgende Tabelle enthält die Werthe der angewendeten Belastungen und permanenten Biegungen.

Belastungen $2P$	Totallast, das Eigengewicht des Körpers in Rechnung gebracht $2P + \frac{5}{8}2pC$	Biegungen nach 5′			Elasticitätskoefficienten	
		durch die Belastungen erzeugt	totale, $f + 0{,}0237$	permanente		
Kil.	Kil.	m.	m.	m.		
16,696	72,271	0,0046	0,0283		9631600000	9291600000
25,391	80,966	0,0095	0,0332		9197800000	
50,782	106,357	0,0195	0,0432		9285500000	
76,173	131,748	0,0300	0,0537	0,0012	9253200000	
107,564	157,139	0,0415	0,0652		9089800000	
126,955	182,530	0,0535	0,0772		8916100000	
152,346	207,921	0,0661	0,0898		8731200000	
177,737	233,312	0,0805	0,1042		8442700000	
203,128	258,703	0,0954	0,1191		8191100000	
228,519	284,094	0,1118	0,1355		7906300000	
253,910	309,485	0,1278	0,1515		8994400000	
279,301	335,886	0,1467	0,1704		7433300000	
304,892	360,467	0,1668	0,1905		7135600000	
330,283	385,858	0,1933	0,2170		6705400000	
355,074	411,049	0,2217	0,2454		6316500000	
380,865	436,440	0,2510	0,2747		5994600000	
406,256	461,831	"	"		"	

Nach unsern praktischen Formeln wird man einsehen, daß die Belastung, welcher solche Stangen permanent unterworfen werden könnten, nur betragen würde

$$2P = 2\,\frac{1250000 \times 0{,}078 \times \overline{0{,}039}^2}{2{,}0587} = 144^{Kil.}070,$$

wenn man das Gewicht des festen Körpers nicht in Rechnung bringt.

Die vorstehende Tabelle enthält, wie man sieht, nur die Biegungen, die von den auf die Mitte des festen Körpers gelegten Belastungen selbst herrühren, und erwähnt diejenigen nicht, welche ursprünglich in dem Eigengewichte der Stange bestanden. Da diese nun aber ungefähr $88^{Kil.}92$ wiegen, was der Theorie nach in Bezug auf die Biegungen einer Belastung gleich $\frac{5}{8}$ des Gewichts oder $55^{Kil.}575$, und in Bezug auf den Bruch der Hälfte dieses Gewichts oder $44^{Kil.}46$ gleich käme, so sieht man, daß 1) die in dieser Tabelle enthaltenen Biegungen nur die durch die Belastung erzeugten Vermehrungen der Biegungen sind, und daß man folglich, um diese Resultate graphisch darzustellen, zuerst mit den Daten, wie sie die Tabelle gibt, arbeiten und alsdann wo möglich die Biegungen, welche durch die Totalbelastungen (d. h. die von dem Körper getragene Last $2P$ und die $\frac{5}{8}$ des Eigengewichts des Körpers) entstehen, daraus ableiten muß; 2) daß man für die Bestimmung der Werthe des Bruchkoefficienten R_r und des Elasticitätskoefficienten E die Hälfte $pC = 44^{Kil.}46$ und die $\frac{5}{8}$ des Eigengewichts $2pC$ des festen Körpers $= 55^{Kil.}575$ in die theoretischen Formeln, so wie auch die aus der graphischen Darstellung der Resultate abgeleitete Totalbiegung bringen muß.

Zu diesem Zweck hat man (Fig. 45) zuerst die Lasten als Abscissen im Maßstab von 20 Millim. pro 100 Kilogr. und die Biegungen als Ordinaten im Maßstab von 1 Millim. pro 5 Millim. genommen.

Die Prüfung dieser Figur zeigt, daß die Biegun-

Digitized by Google

gen den Belaſtungen nur innerhalb ſehr enger Grenzen und bis ungefähr zur Belaſtung 2P gleich 76 oder höchſtens 101$^{Kil.}$ proporzional ſind. Darüber hinaus wachſen ſie reißend ſchnell, und in dem Augenblick des Bruches (bei einer Belaſtung $2P = 406^{Kil.}07$) hatte der in der Tabelle angegebene Pfeil $0^{m}251$ erreicht. Gibt man aber zu, wie die Figur anzuzeigen ſcheint, daß bei den ſchwachen Belaſtungen die Biegungen jenen proporzional ſind, ſo würde daraus folgen, daß der durch das Eigengewicht des Körpers entſtehende Krümmungspfeil, der nach den theoretiſchen Begriffen $55^{Kil.}575$ gleichkommt und in der Mitte der Länge liegt, ungefähr $0^{m}0237$ betragen würde. In der That, weil von der Belaſtung von $16^{Kil.}696$ an bis zu der von $76^{Kil.}173$, zwiſchen denen die Biegung um 25 Millim. 4 bei einer Erhöhung der Belaſtung von $59^{Kil.}577$ zugenommen hat, dieſes Verhältniß zeigt, daß das Gewicht von $55^{Kil.}575$, welches dem Eigengewicht des Körpers gleich kommt, eine Biegung von 23 Millim. 7 hat her vorbringen müſſen, ſo folgt daraus, daß bei einer Belaſtung $2P = 101^{Kil.}56$ die Totalbiegung $0{,}0415 + 0{,}0237 = 0{,}0652$ oder ungefähr $^{1}/_{63}$ der Tragweite betragen würde; eine Größe, die ſchon weit beträchtlicher iſt, als daß man ſie in der Praxis für Stücke aus Gußeiſen von langer Tragweite geſtatten könnte.

Nimmt man an, daß die permanente Belaſtung für dieſe langen und folglich biegſamen Stücke die von $2P = 76^{Kil.}$ nicht überſchreiten und die von $101^{Kil.}$, über welche hinaus ſich keine Proporzionalität zwiſchen Biegungen und Belaſtungen annehmen läßt, nicht erreichen darf, ſo findet man, daß der in die Formel zu bringende Koefficient R liegen muß zwiſchen

$$R = \frac{6\left(P + \frac{pC}{2}\right)C}{ab^2} = \frac{6\,(38 + 22{,}23)\,2{,}058}{0{,}078 \times \overline{0{,}039}^2} = 6268800^{Kil.}$$

und

$$R = \frac{6\,(50{,}5 + 22{,}23) \times 2{,}058}{0{,}078 \times \overline{0{,}039}^2} = 7569800^{Kil.}$$

Dieſe Reſultate zeigen, daß das reine Gußeiſen von Blaenavon zugleich biegſamer und weniger reſiſtirend war als die gewöhnlichen und beſonders die gemiſchten Gußeiſenſorten.

Was den Bruchkoefficienten betrifft, ſo iſt ſein Werth in dem vorliegenden Falle, wo die Stücke unter einer Belaſtung $2P + pC = 406^{Kil.}256 + 44^{Kil.}460 = 450^{Kil.}716$ gebrochen ſind,

$$R_r = \frac{6 \times 225{,}35 \times 2{,}058}{0{,}078 \times \overline{0{,}039}^2} = 23455000^{Kil.};$$

eine Größe, die weit unter derjenigen ſteht, welche ſich aus den Verſuchen des Herrn J. Hosking ergibt. Weiter unten, §. 232, wird man dieſe finden; ihr Mittel beträgt

$$R = 32441000^{Kil.}$$

Dieſe Verſchiedenheit in den Reſultaten der einzelnen Arten des Gußeiſens zeigt, mit welcher Umſicht man das Gußeiſen anwenden muß, wenn es ſich um wichtige Bauten und Konſtrukzionen handelt, und beſonders, welche Sorgfalt man auf die Wahl und die Miſchung der Gußeiſenſorten zu verwenden hat. Es läßt ſich auch daraus ſchließen, daß der als praktiſcher Koefficient für $R = 7500000^{Kil.}$ angenommene Werth eine hinlängliche Garantie bietet, ſelbſt für Gußeiſen, welches ein geringeres Widerſtandsvermögen hat als die mittlere Größe beträgt. Was den Elaſticitätskoefficienten dieſer Stangen betrifft, ſo hat man ihn durch die Formel berechnet

$$E = \frac{4\,(P + {}^{5}/_{8}\,pC)\,C^3}{(f + 0{,}0237)\,a\,b^3},$$

wo f die in der Tabelle angegebene Biegung, und 0,0237, wie oben geſagt wurde, die Biegung iſt, welche dem Eigengewicht des Körpers zukommt und die aus der bildlichen Darſtellung der Reſultate abgeleitet wurde. Die gefundenen Werthe enthält die Tabelle.

Man ſieht, daß dieſe Werthe mit einer gewiſſen Stätigkeit abnehmen und daß der mittlere Werth der fünf erſtern beträgt

$$E = 929160000^{Kil.};$$

eine Größe, die erſichtlich viel ſchwächer iſt als diejenige, welche man aus dem Enſemble der Verſuche aus §. 232 abgeleitet hat, und welche überdies von der Größe der betreffenden Biegungen erklärt wird.

230. Andere Verſuche von Herrn Morris Stirling an gemiſchtem Gußeiſen. — In demſelben Berichte findet man noch andere Verſuche, die an Gußeiſenſtücken von größerer Reſiſtenz und den nämlichen Dimenſionen angeſtellt wurden. Wir wollen ſie hier anführen, um ein Beiſpiel von der auffallenden Verſchiedenheit zu geben, welche das Gußeiſen darbieten kann. Die Stangen haben ſich bedeutend weniger gebogen als die vorhergehenden, und ſind erſt bei einer etwas ſtärkeren Belaſtung gebrochen.

Digitized by Google

Für die Diskuſſion der Reſultate dieſer Verſuche hatte man folgende Daten:

$a = 0^m0762$, $b = 0^m0381$, $2\,p\,C = 87^{Kil.}92$,
$\frac{5}{8}\,2\,p\,C = 54^{Kil.}95$, $2\,C = 4^m1$.

Die Reſultate der Verſuche Stirling's ſind in folgender Tabelle enthalten.

Belaſtungen		Erzeugte Biegungen		Elaſticitätskoefficient.
in der Wagſchaale aufgehangen. $2\,P$	totale mit Berückſichtigung des Eigengew. des Körpers $2\,P + \frac{5}{8}\,2\,p\,C$.	durch die Belaſtung $2\,P$, f.	totale $f + 0{,}0203$.	
Kil.	Kil.	m	m	Kil.
25,391	80,341	0,0082	0,0204	11603000000
50,782	105,732	0,0173	0,0285	16307000000
76,173	131,123	0,0157	0,0376	11574000000
101,564	156,514	0,0360	0,0460	11734000000
126,999	181,905	0,0456	0,0563	11442000000
162.346	207,296	0,0556	0,0659	11362000000
177,737	232,687	0,0658	0,0759	11347000000
			Mittel . . .	11460000000

Die bildliche Darſtellung dieſer Reſultate (Fig. 46) zeigt, daß das beobachtete Wachſen der Biegung den Belaſtungen $2\,P$ bis gegen die Belaſtung von 150 bis $175^{Kil.}$ deutlich proporzional iſt. Nimmt man die Proporzion an, welche aus dieſer Figur für die Laſt $2\,P = 177^{Kil.}737$ entſpringt, was einer Biegung von 0^m0658 entſpricht, ſo findet man, daß die dem Eigengewicht des Körpers entſprechende Biegung, die hier einer Belaſtung von $\frac{5}{8} \times 87^{Kil.}92 = 54^{Kil.}95$ gleich kommt, 0^m0203 betragen würde, ſo daß die Totalbiegung, unter welcher ſich die Elaſticität nicht ſichtlich veränderte, $0^m0658 + 0^m0203 = 0^m0861$ oder ungefähr $\frac{1}{48}$ der Tragweite betragen hat; ein Verhältniß, das die in der Regel den Stücken geſtattete Biegung bei weitem übertrifft.

An dieſer Grenze der Biegung und unter der Belaſtung

$2\,P + p\,C = 177^{Kil.}737 + 43^{Kil.}960 = 221^{Kil}697$

hätte die Konſtante R der praktiſchen Formel den Werth

$$R = \frac{6\,(P + \frac{p\,C}{2})\,C}{a\,b^2} = \frac{6 \times 110^{Kil.}848 \times 2{,}058}{0^m0762 \times 0_m0381^2}$$

$$= 12374500^{Kil.},$$

während wir in unſeren praktiſchen Formeln nur den Werth

$$R = 7500000^{Kil.}$$

anwenden, woraus hervorgeht, daß man mit gutem wohl gemiſchten Gußeiſen von einem etwas hellgrauen und dichten Korn, die im Allgemeinen aufgeſtellten Belaſtungsgrenzen überſchreiten darf. Was den Bruchkoefficienten R betrifft, ſo war die Belaſtung, die den Bruch erzeugte

$2\,P + p\,C = 410{,}226 + 43{,}96 = 254^{Kil.}186$,

und man erhält hieraus

$$R_r = \frac{6 \times 227^{Kil.}098 \times 2{,}058}{0{,}0762 \times 0{,}0381^2} = 25492783^{Kil.};$$

ein Werth, der unter dem von $32441000^{Kil.}$ ſteht, welcher ſich ſpäter aus den Verſuchen Hosking's ergeben wird, wo die Tragweite und die Dimenſionen der Stücke verſchieden waren.

Was den Elaſticitätskoefficienten dieſer Stangen betrifft, ſo hat man ihn durch die Formel

$$E = \frac{2C\,(2P + \frac{5}{8}\,2\,pC)}{(f + 0{,}0203)\,a\,b^3},$$

berechnet, wo f die in der Tabelle angegebene Biegung iſt und 0^m0203 diejenige, welche dem Eigengewicht des Körpers zukommt und abgeleitet iſt wie bereits oben geſagt wurde.

Wendet man dieſe Formel auf die 10 erſten Verſuche an, wo die Biegungen den Belaſtungen proporzional ſind, ſo ſieht man aus der vorhergehenden Tabelle, daß der für den Elaſticitätskoefficienten E abgeleitete Werth im Mittel iſt $E = 11460000000^{Kil.}$.

Dieſer Werth iſt ein wenig geringer als die aus den vorhergehenden Verſuchen abgeleiteten und hat nichts

Digitized by Google

Auffallendes in Betracht der großen Biegsamkeit der probirten Gußeisenstücke.

231. Vermischung von Ramaßeisen mit Gußeisen. — Herr Morris Stirling hat in England ein Patent genommen für seine Mischung des Roheisens und Schmiedeisens durch Guß entweder im Reverberirofen oder im Kuppelofen. Er glaubt, daß alsdann ein chemischer Vorgang stattfände, in Folge dessen das Gußeisen einen Theil seines Kohlenstoffes an das Schmiedeisen abgäbe. Wenn dem so ist, so begreift man, daß das Verhältniß des Schmiedeisens mit der Beschaffenheit des angewandten Roheisens variiren muß, und vielleicht könnten selbst gewisse Verhältnisse ein Metall erzeugen, das Analogie mit dem Stahl hat. Wie dem auch sei, die Versuche im Großen, die an Balken von doppelter TForm mit unten breiteren Rippen als oben angestellt wurden, haben die in der folgenden Tabelle verzeichneten Resultate geliefert. Die Tragweite war 4m88, die Balken wogen 760 Kil., und die Bruchbelastung nach den gewöhnlichen Resultaten der Versuche berechnet wurde geschätzt auf 40200Kil., die auf die Mitte der Länge drückten.

Die Versuche wurden vergleichungsweise angestellt mit 13 Balken aus gewöhnlichem Gußeisen von verschiedener Beschaffenheit, und 11 Balken aus Gußeisen, mit anderem Eisen im Verhältniß von 6 Theilen Gußeisen und einem Theil Eisenabfällen vermischt. Die beobachteten Bruchbelastungen sind in der folgenden Tabelle angegeben und in englischen Tonnen ausgedrückt.

Anzahl der Versuche.	Bruchbelastungen des Gußeisens.	
	gewöhnliches	mit anderem Eisen vermischtes.
	Tonnen.	Tonnen
1	30	52,50
2	35	50,50
3	33	48,00
4	34	52,00
5	33,25	52,50
6	34,50	60,50
7	43,75	60,50
8	46,50	52,50
9	47,00	50,50
10	47,25	56,00
11	38,50	48,50
12	36,50	52,00
13	38,50	
Mittel	38,30	52,03

Aus dem Ensemble dieser Versuche geht hervor, daß das Verfahren der Mischung des Gußeisens mit Schmiedeisenabfällen in den Umschmelzöfen das Widerstandsvermögen gegen den Bruch in dem Verhältniß von 52,3 zu 38,36 oder 1,36 zu 1,00 vergrößert.

Dies Verfahren ist überdies ökonomisch, weil man dabei die Fabrikazionsabfälle benützen kann, die wenig Werth haben. Es ist somit zu wünschen, daß es allgemein wird. Was die Verhältnisse betrifft, so sind sie leicht nach der Qualität des anzuwendenden Gußeisens zu bestimmen.

232. Versuche über die Widerstandsfähigkeit gußeiserner Stangen gegen den Bruch durch Biegung von Herrn R. Stephenson. — Unter der Leitung Stephenson's stellte Hosking eine zahlreiche Reihe von Versuchen über das Widerstandsvermögen verschiedener Gußeisensorten an, theils in dem Zustande, wie sie aus dem Ofen kommen, theils im gemischten, und sowohl an Stücken, die mit heißer Luft als die mit kalter Luft erblasen worden waren.

Diese Stangen hatten alle so genau als möglich 0m0254 Seite im Quadrat und drei englische Fuß oder 0m915 Tragweite. Sie waren in der Mitte ihrer Länge mit Hilfe einer zu diesem Zweck aufgestellten Maschine belastet.

In diesen Versuchen hat man die Biegungen von den ersten Belastungen an bis zum Bruch gemessen, und man hat die Bemerkung machen können, daß bis zu den Belastungen, die über der Hälfte der Bruchbelastungen liegen, die Biegungen den Belastungen proporzional sind.

Da die Resultate dieser an so vielen verschiedenen Gußeisensorten angestellten Versuche über den Einfluß der einzelnen Fabrikazionsumstände manches Licht verbreiten können, so wollen wir ihr Ensemble in der folgenden Tabelle anführen. Da überdies diese Versuche und die beobachteten Biegungen dazu dienen können, die Werthe des Elasticitätskoefficienten zu bestimmen, so haben wir die Resultate in die Formel

$$E = \frac{4 . P C^3}{f . a^4}$$

gebracht, wo $2P = 406$ Pfund $= 184^{Kil.}08$

$2C = 0^m915$

$a = 0^m0254$,

und indem wir f die für die Biegung beobachteten

Digitized by Google

Werthe geben, die in Decimalbrüchen auf die Linieneinheit ausgedrückt ſind.

Um den Werth des Elaſticitätskoefficienten zu berechnen, haben wir unter den angewandten Belaſtungen die ſchwächſte von allen gewählt, weil ſie diejenige ſchon überſteigt, welche man für ſolche Stangen ſchicklicher Weiſe als permanente Belaſtung annehmen könnte, obgleich die Biegungen noch ein wenig über dieſe Grenze hinaus den Belaſtungen proporzional zu bleiben ſcheinen; dieſe Belaſtung entſpricht übrigens ſchon einer Biegung, die $\frac{1}{132}$ der Tragweite gleich iſt.

Die in die Formel gebrachten Werthe der Daten geben

$$E = \frac{3727170000}{f}.$$

Dieſe Formel hat dazu gedient, um für jede Reihe den Werth des Elaſticitätskoefficienten E zu berechnen; ſeinen mittleren Werth für das mit heißer Luft, für das mit kalter Luft fabricirte und für das gemiſchte Gußeiſen, welches die größte Zahl gegeben hat, wird man in der Tabelle jeden für ſich beſonders finden.

Bei den Verſuchen wurde das Gewicht allmählig bis zum Bruch vermehrt; für jede Gußeiſenſorte wurden ſie dreimal wiederholt, und die in der fünften Spalte der Tabelle ſtehenden Zahlen ſind die aus den drei aufeinander folgenden Beobachtungen gezogenen Mittelwerthe.

Um den Werth des Bruchkoefficienten R zu berechnen, den wir mit R_r bezeichnen, bedienen wir uns der Formel

$$R_r = \frac{6.P\,C}{a^3},$$

wo wir $2\,C = 0^m915$, $a = 0^m0254$ ſetzen, und woraus folglich $R_r = 168300\,P$, indem P oder die halbe Bruchbelaſtung in Kilogr. ausgedrückt iſt; es entſteht alſo die Formel

$$R_r = 37974{,}6 \times 2P,$$

indem wir mit 2P die Bruchbelaſtung bezeichnen, die in engliſchen Pfunden ausgedrückt und wie bereits erwähnt in der fünften Spalte der Tabelle enthalten iſt.

Reſultate der Verſuche über die Widerſtandsfähigkeit des Gußeiſens, ausgeführt unter der Leitung von Herrn R. Stephenſon.

	Gußeiſenſorten	Mittlere Biegung unter der Belaſtung von 406 Pf. in Bruchtheilen von Zollen	Elaſticitäts-Koefficient der Stangen. E	Bruchbelaſtungen	Bruchkoefficient R_r
	Gußeiſen mit heißer Luft erzeugt.		Kil	Pf.	Kil.
1	Schottland	0,265	12592000000	775	29430000
2	Coltneß Nr. 3	0,325	11468000000	789	29962000
3	Langloan Nr. 3	0,323	11539000000	727	27607000
4	Omoa Nr. 3	0,290	12852000000	906	34405000
5	Omoa Nr. 1	0,330	11294000000	805	30569000
6	Redsdale Nr. 3	0,265	14065000000	1014	38506000
7	Redsdale Nr. 1	0,316	11795000000	794	30152000
8	Redsdale Nr. 1, Stangen ausdrücklich für den Verſuch geſendet	0,320	11647000000	919	34898000
9	Towlaw Nr. 3	0,360	10353000000	708	26886000
	Mittel	. . .	11956000000		31490000
	Gußeiſen mit kalter Luft erzeugt.				
1	Staffordſhire Nr. 3	0,308	12301000000	873	33150000
2	Crawshay, Wales Nr. 1	0,296	12592000000	873	33150000

Digitized by Google

	Gußeisensorten	Mittlere Biegung unter der Belastung von 406 Pf. in Bruchtheilen von Zollen	Elasticitäts-Koefficient der Stangen. E	Bruchbelastungen	Bruchkoefficient. R_r
			Kil.	Pfd.	Kil.
3	Blaenavon Nr. 1	0,350	10649000000	754	28633000
4	Coalbrookdale Nr. 1	0,296	12592000000	876	33265000
5	Coalbrookdale Nr. 3	0,288	12941000000	897	34063000
	Mittel	. . .	12215000000		32852000
	Pstalyfera Nr. 3 mit heißer Luft	0,250	14909000000	998	37899000
	Pstalyfera Nr. 3 Anthracit	0,262	14226000000	998	37899000
	Gemischte Gußeisensorten.				
1	Pstalyfera Nr. 3 / Blaenavon Nr. 1 mit kalter Luft zu gleichen Theilen	0,290	12852000000	876	33265000
2	Garscube Nr. 1 / Redsdale Nr. 3 mit heißer Luft zu gleichen Theilen	0,272	13703000000	981	37253000
3	Garscube Nr. 1 / Redsdale Nr. 3 mit heißer Luft zu gleichen Theilen	0,288	12941000000	907	34443000
4	Dundyvan Nr. 3 / Coltneß Nr. 3 mit heißer Luft zu gleichen Theilen	0,305	12220000000	824	31292000
5	Redsdale Nr. 1 / Clyde Nr. 3 / Coltneß Nr. 3 mit heißer Luft zu gleichen Theilen	0,305	12220000000	859	32620000
6	Langloan Nr. 3 / Omoa Nr. 1 / Forth Nr. 3 mit heißer Luft zu gleichen Theilen	0,333	11193000000	829	31367000
7	Omoa, Blair, Clyde, Langloan / Forth, Coltneß, alle Nr. 3 mit heißer Luft zu gl. Theilen	0,278	13504000000	901	34215000
8	Schottland, mit heißer Luft und Abfällen, gewöhnliche Schmelzmischung für gewöhnliche Gegenstände	0,292	13062000000	879	33379000
9	Carnbroe Nr. 1 / Rendsdale Nr. 3 mit heißer Luft zu gleich. Theilen	0,305	12220000000	717	27228080
10	Dasselbe mit Zusatz von 1/3 altem Gußeisen . .	0,262	14226000000	893	33911000
11	Crawshay (Wales) Nr. 1 / Coalbrookdale Nr. 1 mit kalt. Luft zu gl. Theil.	0,320	11647000000	855	32458000
12	Pstalyfera Nr. 3 Anthracit 40 Theile / Redsdale Nr. 3 m. heiß. L. 40 „ / Crawshay Nr. 1 m. kalt. L. 40 „ / Blaenavon Nr. 1 m. kalt. L. 30 „ / Coalbrookdale Nr. 1 m. klt. L. 30 „ / Ausgesuchtes altes Gußeisen 30 *) „	erst. Abstich **)	0,265	14065000000	854	32431000
		zweiter Abstich	0,243	15338000000	1058	40101000

*) Diese Gußeisenmischung war für die Bogen der Brücke von High-Level gewählt worden; das alte Gußeisen kam hauptsächlich von Hämmern, cylinderförmigen Wellen mit Gußeisen von Wales zusammengeschmolzen.

**) Es fand sich eine Blase durch einen Metallfehler.

Digitized by Google

	Gußeiſenſorten	Mittlere Biegung unter der Belaſtung von 406 Pf. in Bruchtheilen von Zollen	Elaſticitäts-Koefficient der Stangen. E	Bruchbelaſtungen	Bruchkoefficient. R_r
	Umſchmelzung.		Kil.	Pf.	Kil.
13	Mit einem verfehlten Stück derſelben Miſchung, ohne Zuſatz	0,204	18270000000	527	20013000
14	Dieſelbe Miſchung wie Nr. 12, geſchmolzen im Kupelofen	0,290	12852000000	906	34405000
	Geſchmolzen im Reverberirofen	0,275	13553000000	1023	38848000
	Bahnſchwellen, Miſchungen erzeugt zu				
15	$\frac{1}{4}$ Crawshay, Nr. 1 mit kalter Luft	0,313	11908000000	822	31215000
	$\frac{3}{4}$ Redsdale, Nr. 3 mit heißer Luft				
	$\frac{1}{2}$ Schottland Nr. 1 u. 3 mit heißer Luft . .				
16	$\frac{1}{4}$ Crawshay Nr. 1 mit kalter Luft	0,280	13311000000	928	35241000
	$\frac{3}{4}$ Redsdale Nr. 3 mit heißer Luft				
	$\frac{1}{2}$ Schottland Nr. 1 und 3 mit heißer Luft . .				
	Allgemeines Mittel für das gemiſchte Gußeiſen *) .	. . .	13282000000		32981000
	Mittel für alle verſuchte Gußeiſenſorten	. . .	12484000000		32441000

Aus dem Ganzen dieſer Verſuche ſchließt man, daß bei der Biegung gußeiſerner Stangen der Elaſticitätskoefficient größer iſt als der aus den Verſuchen über die Ausdehnung abgeleitete, und im Mittel für alle probirten Gußeiſenſorten gleich

$$E = 12484000000^{\text{Kil.}}$$

Dieſer Werth nähert ſich ſehr dem von 12000000000 Kil., welcher der in Frankreich allgemein angenommene iſt.

Was den Widerſtand gegen den Bruch durch Biegung betrifft, ſo iſt der in die Formel zu bringende konſtante Koefficient

$$R_r = 32441000^{\text{Ku.}}$$

während man im §. 94 geſehen hat, daß die Widerſtandsfähigkeit des Gußeiſens gegen den Bruch durch Kompreſſion $63208000^{\text{Kil.}}$ auf den □ Meter, und gegen den Bruch durch Ausdehnung 11636500 Kil. beträgt.

Man ſieht auch, daß wenn die Biegung bis zum Bruch ausgedehnt wird, ſo daß die Wirkungen der Kompreſſion und Extenſion gleichzeitig ſind, eine Vertheilung der Widerſtandskräfte eintritt, anders als diejenige, welche aus der Annahme einer Gleichheit der Widerſtandsfähigkeit der Faſern gegen Kompreſſion und Extenſion hervorgehen würde.

Da man aber nie eine Belaſtung anwenden darf, unter welcher die Ausdehnungen und Kompreſſionen die Grenzen überſchreiten, jenſeits welcher die dieſen beiden Momenten entſprechenden Elaſticitätskoefficienten auffallend voneinander abweichen, ſo folgt daraus, daß ſich die auf die Gleichheit dieſer Koefficienten baſirten Formeln noch mit Sicherheit anwenden laſſen.

Nimmt man an, daß die feſten Körper aus Gußeiſen ſtets nur mit einem Viertel oder Fünftel der Bruchbelaſtung beſchwert werden dürfen, ſo erhält man nach dieſen Verſuchen für den Werth R in den praktiſchen Formeln

$$R = 8110250^{\text{Ku.}} \text{ bis } 6488200^{\text{Kil.}};$$

Werthe, zwiſchen welchen der im §. 86 angenommene liegt: $R = 7500000^{\text{Ku.}}$

233. Vergleichung zwiſchen dem mit kalter Luft und dem mit heißer Luft

*) In der Berechnung dieſer Mittel iſt das reine Gußeiſen von Hſtalyfera nicht mit inbegriffen.

Digitized by Google

erzeugten Gußeisen. — Die vorstehenden Versuche möchten vielleicht anzudeuten scheinen, daß das mit kalter Luft erzeugte Gußeisen eine etwas stärkere Widerstandsfähigkeit zeigt als das mit heißer Luft erblasene; der Unterschied ist aber so schwach, daß er eher der Beschaffenheit des Minerals beizumessen ist.

Was die Gußeisenmischungen betrifft, so scheinen sie im Allgemeinen das Widerstandsvermögen zu erhöhen, was von den meisten Gießern angenommen wird.

234. Einfluß der Gußmethode. — Die Anwendung des Reverberirofens, um widerstandskräftige Stücke zu erhalten, ist in England allgemein und wird der der Kuppelöfen vorgezogen. Die vorstehenden Versuche scheinen diese Annahme zu bestätigen.

235. Versuche über die Widerstandsfähigkeit gußeiserner Röhren gegen die transversale Biegung. — Stephenson hat in seinen Ateliers durch Hosking einige Versuche über den Widerstand verschieden geformter Gußeisenröhren gegen die Biegung und den Bruch anstellen lassen. Die angewandten Röhren waren alle zu gleicher Zeit gegossen. Um den Vortheil der verschiedenen Formen des Querschnittes der Röhren zu konstatiren, so war der Flächenraum, das Gewicht der Röhren, so wie die Dicke des Metalles so viel als möglich gleich.

Ihre Länge betrug 6 engl. Zoll = 1m830 zwischen den Stützen; ihr mittleres Gewicht 35Kil.366.

Die durchschnittlichen Resultate dieser Versuche finden sich in der folgenden Tabelle.

Form des Querschnittes	Dimensionen		Belastungen	Biegungen	Elasticitätscoefficient E	Bruchbelastungen	Bruchcoefficient R_r
	m.	m.	Kil.	m.	Kil.	Kil.	Kil.
Quadrat	b = 0,0795	b′ = 0,0603	355	0,0025	8159700000	2180	21262600
$J = {}^1/_{12}(b^4 - b'^4) = 0{,}000002227$			712	0,0053	7701700000		
$\frac{J}{v'} = {}^1/_6 \frac{(b^4 - b'^4)}{b} = 0{,}000056026$ . .			1065	0,0084	"		
			1420	0,0117	"		
			1780	0,0154	"		
Rechteck	a = 0,0562	a′ = 0,0370	355	0,0018	9789700000	2330	25335000
$J = {}^1/_{12}(ab^3 - (a'b'^3) = 0{,}000002578$	b = 0,1026	b′ = 0,0093	712	0,0039	9044300000		
$\frac{J}{v'} = {}^1/_6 \frac{(ab^3 - a'b'^3)}{b} = 0{,}000050255$			1065	0,0061	8646400000		
			1420	0,0085	"		
			1780	0,0110	"		
			2130	0,0139	"		
Kreis	D′ = 0,0986	D″ = 0,0793	355	0,0022	7650700000	2320	23156200
$J = 0{,}0491\,(D^4 - D''^4) = 0{,}000002699$			712	0,0045			
$\frac{J}{v'} = 0{,}0982 \frac{(D^4 - D''^4)}{D'} = 0{,}00005475$			1065	0,0069			
			1420	0,0096			
			1780	0,0126			
Ellipse	2a = 0,0688	2a′ = 0,0496	355	0,0018	8115600000	3250	36434000
$J = 0{,}7854(ab^3 - a'b'^3) = 0{,}000003110$	2b = 0,1276	2b′ = 0,1084	712	0,0032	9134700000		
$\frac{J}{v'} = \frac{0{,}7854\,(ab^3 - a'b'^3)}{b} = 0{,}00004875$			1065	0,0049	8925200000		
			1420	0,0067	8701200000		
			1780	0,0087	"		
			2130	0,0108			
			2480	0,0130			
			2840	0,0154			
			Mittel E = 8586920000Kil.				

Digitized by Google

Die graphiſche Darſtellung dieſer Reſultate zeigt, daß die Biegungen nur bei den erſten der angewandten Belaſtungen dieſen proporzional waren, was darin liegt, daß dieſe Belaſtungen denen ſchon nahe lagen, welche man kluger Weiſe nicht permanent überſchreiten ſoll, und die nach den praktiſchen Formeln reſp. für die Balken

mit quadratiſchem	Durchſchnit	. . 2P =	918Kil.
„ rechteckigem	„	. . .	824 „
„ kreisförmigem	„	. . .	897 „
„ elliptiſchem	„	. . .	799 „

betragen haben würden.

Betrachtet man den Elaſticitätskoefficienten E des zu dieſen Röhren verwendeten Gußeiſens innerhalb der Grenzen, wo die Biegungen den Belaſtungen proporzional bleiben, ſo findet man den mittleren Werth

$$E = 8586920000^{Kil},$$

eine Größe, die ſich wenig von dem mittleren Werth

$$E = 8950417000^{Kil}.$$

entfernt, der ſich aus den direkten Verſuchen Hodgkinſon's über den Zug und die Kompreſſion ergibt.

Man bemerkt, daß die praktiſchen Formeln für die permanenten Belaſtungen, die man den probirten Stangen mit Sicherheit hätte aufladen können, ſehr differente Werthe geben und daß dieſe letzteren anzuzeigen ſcheinen, daß der quadratiſche Querſchnitt bei demſelben Quantum Material der vortheilhafteſte wäre, ſo daß die Durchſchnitte in dieſer Hinſicht in folgender Ordnung auftreten:

quadratiſch, rund, länglich viereckig und elliptiſch,

während bei den bis zum Bruch ausgedehnten Verſuchen ihre Rangordnung folgende iſt:

elliptiſch, rund oder länglich viereckig, quadratiſch.

Man darf aber nicht aus den Augen verlieren, daß die Hypotheſen, auf welchen die den Formeln zu Grunde liegende Theorie beruht, bloß für kleine Biegungen annehmbar und den Kraftäußerungen der Molekularwiderſtände jenſeits dieſer Grenzen nicht mehr konform ſind. Ueberdies muß man bemerken, daß einerſeits das Trägheitsmoment J wächſt und folglich der Ausdruck des Krümmungspfeils $f = {}^1/_3 \frac{PC^2}{EJ}$ abnimmt, wenn bei gleicher Quantität Material die Höhe des feſten Körpers im Verhältniß zu ſeiner Breite zunimmt, woraus folgt, daß es in Hinſicht auf die Biegung vortheilhaft iſt, feſte Körper von größerer Höhe bei übrigens gleichen Verhältniſſen anzuwenden; anderſeits aber wird der Faktor $\frac{J}{v'}$ der Formel $PC = \frac{RJ}{v'}$ bei gleicher Quantität des Materials im Profil kleiner, wenn die Höhe wächſt, wie ſich dies im vorliegenden Fall erſehen läßt, wo er für die elliptiſchen oder länglich viereckigen Röhren die kleinſten Werthe hat, woraus ſich für dieſe feſten Körper ein größerer Werth R ergibt als für die anderen, wenn man dieſe Formel zur Aufſuchung des Bruchkoefficienten anwendet.

Da es beſonders darum zu thun iſt, die Biegungen zu beſtimmen, und da die Theorie in Uebereinſtimmung mit den Verſuchen zeigt, daß ſie bei ſonſt gleichen Verhältniſſen um ſo geringer ſind, je größer das Trägheitsmoment des Profils iſt, ſo folgt überdies daraus, daß in dieſer Hinſicht die probirten Profile folgendermaßen klaſſificirt werden müſſen:

Ellipſe	J = 0,000003110
Kreis	0,000002699
Rechteck	0,000002578
Quadrat	0,000002222.

Ohne Zweifel ſind es dieſe Vortheile einer geringeren Biegung und eines größeren Widerſtandes gegen den Bruch, die Stephenſon bei ſeinen erſten Studien über Röhrenbrücken veranlaßten zuerſt Röhren mit elliptiſchem Durchſchnitt zu verſuchen.

236. Einfluß der Zeit auf die Biegungen. — Wenn die Gußeiſenpiecen Gewichte tragen, die über die Elaſticitätsgrenzen nicht hinausgehen, und namentlich ſolche, wie ſie in unſeren Formeln beſtimmt ſind, ſo wachſen ihre Biegungen nicht mit der Zeit. Folgen der Verſuche Fairbairn's, die über vier Jahre dauerten, zeigen dies deutlich.

Die erprobten Stangen hatten folgende Dimenſionen:

$2C = 1^m37$, $a = 0^m0259$, $b = 0^m0261$;

die auf ihre Mitte drückende Laſt war konſtant und gleich $2P = 152^{Kil}.3$. Nach dieſen Dimenſionen und der Formel

$$ab^2 = \frac{PC}{1250000}$$

hätte man dieſe Stangen nur mit einem Gewicht von $2P = 64^{Kil}.38$ belaſten ſollen.

Die folgende Tabelle zeigt, daß ungeachtet dieſer übermäßigen Belaſtung die Biegung nicht zunahm während der vier Jahre, als die an zwei gußeiſernen Stangen, von denen die eine mit kalter und die andere

Digitized by Google

mit heißer Luft erzeugt war, angestellten Versuche dauerten.

Daten der Beobachtungen	Biegungen der Stange mit kalter Luft	Biegungen der Stange mit heißer Luft	Temperaturen	Bemerkungen
	m.	m.		
23. Juni 1838	0,0033	0,0039	25°,5	Die Stange mit heißer Luft erzeugt, hat nach dem 6. Juni 1840 einen Unfall erlitten.
5. Juli 1839	0,0033	0,0039	22 ,2	
6. Juni 1840	0,0033	0,0039	16 ,1	
22. Novemb. 1841	0,0033	"	10 ,0	
19. April 1842	0,0033	"	15 ,0	

Diese an andern Stangen wiederholten Versuche haben ähnliche Resultate gegeben, selbst für größere Belastungen. Man sieht also, daß unsere praktischen Formeln zu Belastungen führen, die von den Körpern permanent mit Sicherheit getragen werden können.

237. Bemerkung über die Veränderung der Elasticität gußeiserner Stangen. — Hodgkinson bemerkt mit Recht, daß Tredgold und Andere mit Unrecht angenommen haben, die Elasticität sei nicht verändert, so lange die Biegung nicht ein Drittel derjenigen überschreite, welche bei der Bruchbelastung erfolgt. Die Prüfung von Versuchsresultaten von sehr verschiedenen Gußeisensorten zeigt allerdings, daß die Elasticität verändert ist und daß die Biegungen aufhören den Belastungen proporzional zu sein, lange ehe jene das Drittel der Bruchbelastungen erreicht haben. Man muß sogar hinzufügen, daß zwischen der größten Biegung, die unmittelbar dem Bruch vorhergeht, und derjenigen, wo sich die Elasticität sichtlich zu verändern beginnt, kein regelmäßiges Verhältniß stattfindet, woraus hervorgeht, wie schon oben bemerkt wurde, daß die über den Bruch allein angestellten Versuche nicht geeignet sind, um zu hinlänglich zuverläßigen praktischen Gesetzen zu führen.

238. Versuche an gußeisernen Stangen mit Rippen. — Hodgkinson glaubt sogar, daß sich die Elasticität verändert und daß die gebogenen Körper stets permanente Biegungen behalten, so gering auch Belastungen und Biegungen gewesen sein mögen. Er hat versucht, diese permanenten Biegungen zu messen und einem empirischen Gesetz zu unterwerfen. Ohne die Zahlen dieses geschickten Beobachters zu bestreiten, wollen wir nur bemerken, daß innerhalb der Grenze der permanenten Belastungen und der kluger Weise zu gestattenden Biegungen die Pfeile der permanenten Krümmung, die er erhalten hat, so schwach sind, daß man sie ganz übersehen und sie zum Theil einem Nachgeben der Stützen beimessen kann. Dies läßt sich überdies bewahrheiten durch die Prüfung der folgenden Versuche, welche schon dadurch besonders interessant sind, weil sie an flachen Gußeisenstangen angestellt wurden, die mit einer Rippe versehen waren, welche sich zuerst unten und dann oben befand, um den Unterschied, welcher daraus für die Widerstandsfähigkeit und die Biegungen erwächst, zu konstatiren.

Diese gußeisernen Stangen von Carron Nr. 2 (Fig. 40) lagen auf Trägern, die in einer Entfernung $2\,C = 1^m982$ voneinander abstanden, und waren mit Gewichten in der Mitte ihrer Länge belastet; man hatte $a = 0^m127$, $b = 0^m0076$, $a' = 0^m0091$ und $b' = 0^m032$. Nach diesen Dimensionen hatten die Stangen ungefähr ein Gewicht von $2\,p\,C = 17^{Kil.}93$.

Die folgende Tabelle enthält die Resultate dieser Versuche.

Die Rippe unten			Die Rippe oben		
Belastungen	Biegungen totale	Biegungen permanente	Belastungen	Biegungen totale	Biegungen permanente
Kil.	Mill.	Mill.	Kil.	Mill.	Mill.
3,18	0,38	"	3,18		unmeßbar
6,36	0,81	0,025	6,36	0,63	desgl.
9,54	1,17	0,050	9,54	1,18	0,05
12,72	1,62	0,100	12,72	1,65	0,07
25,44	3,30	0,125	25,44	3,40	0,12
50,88	6,93	0,508	50,88	6,85	0,38
76,30	11,35	0,888	101,80	14,70	1,47
101,80	15,70	1,470	151,00	22,70	2,56
127,00	20,60	2,360	203,80	31,00	3,93
154,00	26,15	3,300	254,00	40,20	5,97
165,50	Bruch	"	305,00	50,40	8,38
			356,00	61,20	12,40
			407,00	"	22,70
			458,00	105,00	25,40
			483,00	"	
			508,00	Bruch	

Würde man die Resultate dieser Versuche graphisch darstellen, indem man die auf die Mitte des festen Körpers drückende Belastung 2 P als Abscissen

und in zehnfachem Maßſtab die in der Tabelle angegebenen Biegungen, welche in der That nichts anders als die von dieſen Belaſtungen bewirkten Vergrößerungen der Biegung und durchaus nicht die Totalbiegungen ſind, als Ordinaten nähme, ſo würde man ſehen, daß die Biegungen die nämlichen ſind und in beiden Fällen das nämliche konſtante Verhältniß mit den Belaſtungen zeigen bis zur Totalbelaſtung $2P = 101^{Kil.}60$ und ſelbſt noch mehr, was einer Biegung von ungefähr $^1/_{120}$ der Tragweite entſpricht.

Erinnert man ſich, daß wir bei den Verſuchen über die Ausdehnung und Kompreſſion für den Elaſticitätskoefficienten des Gußeiſens beinahe denſelben Werth in beiden Fällen gefunden haben, ſo ſieht man, daß innerhalb der Grenzen, wo die Elaſticität nicht verändert iſt, und wo folglich die Biegungen den Belaſtungen proporzional ſind, mit der nämlichen Theorie angenommen werden kann, daß der Widerſtand gegen die Extenſion und der gegen die Kompreſſion derſelbe iſt, wodurch die Rechnungen vereinfacht werden.

Wohl verſtanden aber, dieſe Hypotheſe könnte ohne zu irren nicht über dieſe Grenzen hinaus ausgedehnt werden.

Um aus dieſen Verſuchen den Bruchkoefficienten, die permanente Belaſtung, welcher man dieſe Stangen paſſender Weiſe unterziehen kann, und den Elaſticitätskoefficienten abzuleiten, muß man obige Formel zu Hilfe nehmen.

Die erſte, welche den Abſtand der neutralen Achſe zur flachen Seite des Profils beſtimmt, iſt (§. 156)

$$z = {}^1/_2 \frac{a\,b^2 + a'\,b'^2 + 2\,a'\,bb'}{ab + a'\,b'}$$

$$= {}^1/_2 \frac{0{,}127\times\overline{0{,}0076}^2 + 0{,}0091\times\overline{0{,}032}^2 + 2\times 0{,}0091\times 0{,}0076\times 0{,}032}{0{,}127\times 0{,}0076 + 0{,}0091\times 0{,}032}$$

$$= 0^m\,0084.$$

Hieraus leitet man ab $v' = b - z + b' = 0^m\,0312$;

ferner $\frac{J}{v'} = {}^1/_3 \frac{a\,z^3 - (a-a')\,(z-b)^3 + a'\,(b+b'-z)^3}{b-z+b'}$

$$= \frac{0{,}127\times\overline{0{,}0084}^3 - 0{,}1179\times\overline{0{,}0008}^3 + 0{,}0091\times\overline{0{,}0312}^3}{3\times 0{,}0312}$$

woraus $J = 0{,}0000001172$

und $\frac{J}{v'} = 0{,}000003756.$

Mit Hilfe dieſer Werthe findet man alsdann die von E mit Hilfe der Formel (§. 203)

$$E = {}^1/_3 \frac{PC^3}{fJ}.$$

Berechnet man die Werthe des Elaſticitätskoefficienten dieſer Stange, indem man f die Werthe der mit der Laſt $2P = 101^{Kil.}80$ gibt, welche bei der Rippe unten $f = 0^m0157$ und bei der Rippe oben $f = 0^m0147$ waren, ſo erhält man folgende Reſultate:

die Rippe unten $E = 8974000000$ Kil.
die Rippe oben $E = 9584500000$ „
Durchſchnitt $E = 9279250000$ „

ein Werth, der ſehr wenig von dem

$E = 8950382000$ Kil.

differirt, welchen wir im §. 86 aus den Verſuchen desſelben Beobachters über die Extenſion und Kompreſſion abgeleitet haben.

Man ſieht alſo hieraus, daß innerhalb der Grenzen, wo die in §. 124 und ff. auseinander geſetzte Theorie gilt, dieſe mit den Reſultaten der Erfahrung für die Praxis hinreichend genau übereinſtimmt und daß man, wie wir es bis jetzt gethan haben, annehmen kann, daß die neutrale Achſe durch den Schwerpunkt des Querſchnittes geht.

239. Bemerkungen über den Widerſtand der mit Rippen verſehenen Piecen gegen den Bruch. — Das Vorhergehende zeigt, daß wenn die Biegung in gewiſſen Grenzen eingeſchloſſen iſt, der Widerſtand gegen die Extenſion und der gegen die Kompreſſion beinahe gleich ſind, und daß wenig daran liegt, ob ſich die Rippe oben oder unten befindet. Betrachtet man aber die Widerſtandsfähigkeit gegen den Bruch, der viel ſpäter und bei beträchtlicheren Belaſtungen erfolgt, ſo verhält ſich die Sache ganz anders. Die Widerſtandsfähigkeit gegen die Kompreſſion wird größer als die gegen die Extenſion, in dem Maße als die Biegungen die Grenzen, innerhalb welcher ſie den Belaſtungen proporzional ſind, mehr und mehr überſchreiten. Hieraus folgt, daß die neutrale Achſe ihre Lage verändern muß, und daß ſie ſich für jede neue Bedingung des Gleichgewichts mit jeder Belaſtung dem komprimirten Pfeil mehr und mehr nähert. Derjenige Theil des Körpers alſo, der verlängert iſt, wird dies mehr und mehr, und in dieſem Falle iſt es einleuchtend, daß wenn der feſte Körper, wie in den vorſtehenden Verſuchen, frei auf zwei Trägern aufliegt, er leichter brechen muß, wenn die Rippe unten und der Extenſion als wenn ſie oben und der Kompreſſion aus-

Digitized by Google

geſetzt iſt. Das Umgekehrte findet ſtatt, wenn es ſich um einen Körper handelt, der nur an einem Ende feſtgehalten wird.

Dieſe Betrachtungen werden von der Erfahrung vollkommen beſtätigt wie es die vorhergehende Tabelle zeigt, indem die Stange mit der Rippe nach oben erſt bei einer Belaſtung brach, welche etwas mehr als das Dreifache von derjenigen betrug, die den Körper mit der Rippe nach unten gebrochen hatte. Weicht bei dieſem Bruche die Rippe durch Kompreſſion, ſo löſt ſich in der Regel von dem feſten Körper eine Art Keil von der nämlichen Form ab, wie der in Fig. 3 angegebene, der durch die Kompreſſion von dem feſten Körper vollſtändig iſolirt wird.

Aus dieſer Bemerkung folgt, daß für die feſten Körper von analogen Formen der Bruchkoeffizient ſehr different wäre, je nachdem die Rippe komprimirt oder ausgedehnt würde. Da aber die Vorſicht gebietet, daß die permanenten Belaſtungen nie ſolche ſein dürfen, daß in irgend einem Theil des feſten Körpers die Elaſticität verändert würde, ſo ſieht man, daß man im Allgemeinen dieſen Unterſchied nicht zu berückſichtigen braucht. Der Werth $R = 7500000$ Kil., welchen wir für die praktiſchen Formeln angenommen haben, paßt ſtets auf ſolche Dimenſionen und Belaſtungen, bei welchen die Elaſticität nicht verändert iſt, welches auch übrigens immer die Unterſchiede ſein mögen, die aus der Art und der Qualität der angewandten Gußeiſenſorten entſpringen, vorausgeſetzt, daß ſie nur nicht zugleich vom erſten Guß und von ſehr ſtarken Dimenſionen ſind.

In der That, in dem vorliegenden Fall, wo

$$\frac{J}{v'} = 0{,}000004099,$$

findet man für die Laſt $2P$, die man den Körper mit Sicherheit tragen laſſen kann

$$P = \frac{R\,J}{v\,C} = \frac{7500000 \times 0{,}000004099}{0{,}991} = 31^{\text{Kil.}}02;$$

woraus $2P = 62^{\text{Kil.}}02$, während in beiden Fällen die Biegungen den Belaſtungen bis wenigſtens $2P = 101^{\text{Kil.}}80$ proporzional geblieben ſind.

240. Geſtalt der gußeiſernen Balken und die Art ſie zu belaſten. — Hodgkinſon hat aus der Ungleichheit des Widerſtandes, welchen das Gußeiſen gegen die Kompreſſion und Extenſion darbietet, geſchloſſen, daß bei der Anwendung gußeiſerner Balken mit doppelter ⊤ Form, wie man ſie in der Regel zum Baue von Eiſenbahn- und anderen Brücken verwendet, der Durchſchnitt der unteren der Extenſion ausgeſetzten Rippe eine größere Ausdehnung erhalten muß als die der Kompreſſion unterworfene obere Rippe. Dieſe Regel wird im Allgemeinen von den engliſchen Ingenieuren befolgt, weil ſie die Gewohnheit haben für die permanente Belaſtung einen gewiſſen Bruchtheil der Bruchbelaſtung anzunehmen. Obgleich dieſe Methode mangelhaft iſt und man die Belaſtungen nach den Biegungen beſtimmen muß, für welche ſich die Elaſticität zu verändern beginnt, und obgleich man aus der Beſprechung der im §. 86 mitgetheilten Verſuche Hodgkinſon's ſelbſt geſehen hat, daß zwiſchen dieſen Grenzen der Elaſticitätskoefficient für die Kompreſſion der nämliche iſt wie für die Extenſion, ſo iſt es doch bequem für die Verbindungen und für das Legen der Balken u. ſ. w. der unteren Rippe mehr Breite und Stärke zu geben als der obern.

Ein Punkt, der bei den engliſchen Ingenieuren ſtarken Kontroverſen unterliegt, iſt der, ob es keine üblen Folgen hat, beſonders für die äußeren Balken, die Laſt oder um deutlicher zu reden die Querbalken der Brücken von der unteren Rippe tragen zu laſſen; das nämliche iſt es mit der Wahl der in dieſem Fall zu treffenden Dispoſizionen.

Die geſchickteſten Ingenieure ſind beinahe einſtimmig der Anſicht in gußeiſernen Balken dieſer Art keine Oeffnungen anzubringen oder auszuſparen, die die Kontinuität des feſten Körpers unterbrechen. Einige, unter welchen ich Herrn Fairbairn anführen will, wollen ſelbſt nicht, daß kleine zur Länge und zu den vertikalen Flächen der Balken ſenkrechte Rippen angefügt werden, weil ſie im Guß Blaſen und andere Fehler veranlaſſen können.

Die einfachſte vollkommen kontinuirliche Form iſt diejenige, die man am allgemeinſten anwendet. Sie geſtattet es leicht, was ihr auch viele Ingenieure geneigt macht, die Querbalken auf die untere Rippe zu legen, wodurch die Konſtrukzion der Dielung ungemein einfach gemacht wird. Aber dieſe Art der Vertheilung der Belaſtung ſetzt die äußeren Balken einer Torſion aus, die man für gefährlich hält. Indeſſen prävalirt der Gebrauch, und viele geſchickte Architekten haben ihn nicht nur für Balken aus Gußeiſen, ſondern auch für ſolche aus Eiſenblech adoptirt.

Fairbairn ſchlägt folgende Methode vor, die ohne

Digitized by Google

die Balken in irgend etwas zu verändern, es erlauben würde, die Last auf beide Seiten der unteren Rippe gleichmäßig zu vertheilen; sie ist aber etwas komplicirter als die gewöhnlich eingeschlagene. Die gußeisernen Querbalken würden unter der unteren Rippe durchgehen und wären an jeder ihrer Seitenschenkel durch zwei Schraubenbolzen angehängt, die mit jeder Seite der Rippe verbunden wären. Wären die Querbalken von Holz, so könnte man ein ähnliches Mittel anwenden. Diese Methode würde auch den Vortheil darbieten, daß man einen Balken leicht ersetzen könnte, ohne die Brückenbahn aufzuheben.

241. Bemerkungen über die von den englischen Ingenieuren angenommenen Proporzionen der gußeisernen Balken. — Die meisten Ingenieure nehmen für die größte permanente Belastung der zu Eisenbahnbrücken bestimmten gußeisernen Balken nur $^1/_5$ und selbst $^1/_6$ der Bruchbelastung an, was in den praktischen Formeln gleich ist

$$R = 6488200^{Kil.} \text{ oder } 5407000^{Kil.}$$

Für gewöhnliche Brücken und besonders für Brücken, die keinen Vibrazionen ausgesetzt sind, nimmt man im Allgemeinen das Viertel der Bruchbelastungen als permanente an, also

$$R = 8110000^{Kil.},$$

welcher Werth sich wenig entfernt von

$$R = 7500000^{Kil.},$$

den wir bisher angenommen haben, und welchen wir für die gewöhnlichen Fälle behalten wollen.

Bei den Eisenbahnbrücken schätzen die englischen Ingenieure die Belastung der Brücke pro laufenden Fuß einstimmig auf 1,5 oder 2 Tonnen, was auf 5000 der 6655 Kil. pro laufenden Meter des Geleises oder eines Schienenpaars hinausläuft.

Die Probe, welche man die Balken bestehen läßt, überschreitet nur selten das Drittel der Bruchbelastung, und viele Ingenieure ziehen es vor, bei Beobachtung der Biegungen nur die wirkliche Maximumbelastung anzuwenden.

Die Grenze der Biegungen, welche die Balken unter der Belastung annehmen können, ist von den englischen Ingenieuren auf sehr veränderliche Weise festgesetzt, und diese scheinen sich gar nicht damit abzugeben, sie im Voraus zu berechnen. Diese Größe hängt in der That, wie man aus den Versuchen hat lernen können, dergestalt von der Beschaffenheit des Gußeisens ab, daß man das zu verwendende wohl kennen muß. Indessen differiren die aus Mischungen erhaltenen und ein graues, etwas feines Korn zeigenden Sorten, die man allein verwenden soll, weniger als die andern. Aus den Formeln des §. 190 u. ff. kann man den Krümmungspfeil der festen Körper berechnen und die der angenommenen Grenze entsprechenden Belastungen bestimmen.

Im Allgemeinen nimmt man übereinstimmend an, daß die Biegung der gußeisernen Balken $\frac{1}{600}$ der Tragweite nicht überschreiten darf und daß es vorzuziehen ist sie auf $\frac{1}{2000}$ zu beschränken.

242. Folgerungen aus den Versuchen über den Widerstand des Gußeisens gegen Biegung und Bruch. — Aus dem Ganzen der im Vorstehenden angeführten und besprochenen Versuche können wir Folgendes schließen:

1. daß zwischen sehr weiten Grenzen, welche diejenigen der von dem Körper mit Sicherheit zu tragenden Belastungen überschreiten, die Biegungen
   a) proporzional den sie erzeugenden Kräften,
   b) proporzional den Kuben der Tragweiten,
   c) im umgekehrten Verhältniß des Produktes ab^3 der Breite mit dem Kubus der Dicke für die Pieces von rechteckigem Durchschnitt sind;

2. daß innerhalb derselben Grenzen, wo der Widerstand des Gußeisens gegen die Kompression sichtlich derselbe ist wie der gegen die Extension, die neutrale Achse durch den Schwerpunkt des Querschnittes geht;

3. daß der durchschnittliche Werth des Elasticitätskoefficienten des Gußeisens ungefähr

$$E = 12000000000^{Kil.}$$

ist, wie wir ihn in den praktischen Formeln angenommen haben, der aber mit der Art und der Qualität des Gußeisens sehr variirt und auf $9000000000^{Kil.}$ und $10000000000^{Kil.}$ sinken kann;

4. daß der Koefficient des Bruchs durch Biegung für die gußeisernen Balken zum Durchschnittswerth hat

$$Kr = 32441000^{Kil.},$$

5. daß folglich, wenn man annimmt, daß die der queren Biegung unterworfenen festen Körper permanent nicht mit mehr als einem Viertel der Bruch-

Digitized by Google

belaſtung beſchwert werden dürfen, der Werth des Koefficienten R der praktiſchen Formeln $R = 8110250$ Kil. ſein wird, was beweiſt, daß wir bei Annahme des Werthes

$$R = 7500000 \text{ Kil.}$$

innerhalb der von der Klugheit gebotenen Grenzen geblieben ſind.

Widerſtand des Schmiedeiſens gegen die Biegung.

243. Verſuche über den Widerſtand des Schmiedeiſens von Duleau. — Unter den Verſuchen, welche man dieſem geſchickten und gewiſſenhaften Beobachter verdankt, wollen wir hier diejenigen anführen, welche er an einer Stange von Schmiedeiſen von Perigord anſtellte, die zur Baſis ein gleichſeitiges Dreieck von 0^m038 Seite, eine Länge von 3^m02 und ein Gewicht von 14 Kil. 75 hatte; der Abſtand zwiſchen den Stützpunkten betrug 3^m00. Dieſe Stange erhielt eine ſolche Lage, daß ſie nach und nach auf jeder ihrer drei Flächen und auf jeder ihrer Kanten ruhte, ſo daß der durch die geneigten Flächen gebildete Keil ſich im erſten Fall oben und im zweiten Fall unten befand.

Dieſer Verſuch, ganz analog demjenigen, welchen Hodgkinſon an einer gußeiſernen Stange mit einer Rippe anſtellte, und den wir §. 238 mitgetheilt haben, führte für das Schmiedeiſen zu Folgerungen, die den für das Gußeiſen erhaltenen konform ſind.

Die Laſten drückten auf die Mitte des feſten Körpers und die erlangten Biegungen ſind folgende:

Belaſtungen.	Beobachtete Biegungen; auf den Stützen lagen					
	die Flächen			die Kanten		
	A.	B.	C.	a.	b.	c.
Kil.	Mill.	Mill.	Mill.	Mill.	Mill.	Mill.
5	3	4	4	4	4	4
10	7	8	8	8	8	8
15	11	11	12	12	12	11
20	15	15	16	15	16	15
25	18	19	19	19	20	19
30	22	23	23	23	23	23
35	26	27	27	27	27	27
40	30	31	31	31	31	31
45	33	35	34	34	34	34
50	37	38	38	38	38	37
55	41	42	„	42	42	41

Die Reſultate dieſes Verſuchs zeigen deutlich, daß in beiden Fällen der Widerſtand gegen die Biegung gleich iſt, wie man aus der Theorie ſchließt. Folglich gilt die Hypotheſe der Gleichheit des Widerſtandes gegen Kompreſſion und Extenſion bei dem Schmiedeiſen ebenſowohl wie bei dem Gußeiſen als konform mit der Beobachtung der Thatſachen, vorausgeſetzt, daß man ſich auf die Grenzen beſchränkt, innerhalb welcher die Biegungen den Belaſtungen proporzional ſind.

244. Verſuche über den Widerſtand ſchmiedeiſerner Röhren, die geſchweißt ſind und keine Nieten haben. — Hosking hat hierüber zur Vergleichung mit dem Gußeiſen intereſſante Verſuche angeſtellt. Die kreisförmigen Röhren waren von Ruſſell und Comp. fabricirt und zwar im Walzwerk geſtreckt worden. Ihr äußerer Durchmeſſer betrug $D' = 0^m1016$, die Stärke des Metalls 0^m0076, und folglich der innere Durchmeſſer $D'' = 0^m0940$. Die rechteckige und die elliptiſche Röhre erhielt man dadurch, daß man die runden Röhren glühend machte und mit hölzernen Hämmern ſchmiedete, indem man Sorge trug das Eiſen nicht zu verändern und die Ecken des Rechtecks abrundete.

Die Dimenſionen der rechteckigen Röhre waren, indem wir uns fortwährend der oben gebrauchten Bezeichnungen bedienen,

$a = 0^m0587$. $b = 0^m1095$, $a' = 0^m0511$, $b' = 0^m1019$;

diejenigen der elliptiſchen Röhre

$2a = 0^m0587$, $2b = 0^m1270$, $2a' = 0^m0511$, $2b' = 0^m1194$.

Die Tragweite war $2C = 1^m830$, und die Laſt lag auf einem Plateau, das in der Mitte der Länge der horizontal liegenden Röhren hing.

Nach dieſen Dimenſionen hat man für

die rechteckige Röhre $J = \frac{1}{12}(ab^3 - a'b'^3) = 0{,}000001909$,

die kreisf. Röhre $J = 0{,}0491\,(D''^4 - D''^4) = 0{,}00001398$,

die ellip. Röhre $J = 0{,}7854\,(ab^3 - a'b'^3) = 0{,}00001636$.

Mit Hilfe dieſer Formeln und der Beobachtung der von Clark aufgeſtellten Biegungen kann man den Werth des Elaſticitätskoefficienten für jede Röhre berechnen. Für dieſe Berechnung wollen wir die unter der Laſt von 1015 Kil. beobachtete Biegung nehmen und erhalten ſodann folgende Reſultate:

Digitized by Google

Form des Querſchnittes	Dimenſionen	Biegung bei 1015 Kil.	Werth d. Elaſt. Ko. E
Rechteckig	a=0,0587; a'=0,0511; b=0,1095; b'=0,1019; A=0,00120.	0m00450	15869000000 Kil.
Kreisförmig	D'=0,1016; D''=0,0940; A=0,00114.	0m00550	17245000000 Kil.
Elliptiſch	2a=0,0587; 2a'=0,0511; 2b=0,1270; 2b'=0,1190; A=0,00106.	0m00475	17101000000 Kil.
		Mittel E =	16572000000 Kil.

Dieſer durchſchnittliche Werth liegt innerhalb der gewöhnlichen Grenzen und nähert ſich beſonders dem von 16295000000 Kil., der in §. 95 aus den Verſuchen Hodgkinſons über die rückwirkende Feſtigkeit des Schmiedeiſens abgeleitet worden iſt.

Ueberdies wird man bemerken, daß die Belaſtung von 1015 Kil. um mehr als das Doppelte die permanenten Belaſtungen überſteigt, welche man nach den Formeln dieſen Körpern hätte aufladen können und die reſp. nur 459 Kil., 455 Kil. und 337 Kil. hätten betragen dürfen.

Aus dieſer Vergleichung der Reſultate ſieht man, daß die Formeln, die ſich auf hohle feſte Körper mit kreisförmigem, rechteckigem und elliptiſchem Durchſchnitt beziehen, für die Praxis hinlänglich genau ſind.

Alle dieſe Röhren haben durch die Deformazion ihrer komprimirten Theile nachgegeben. Die runden und elliptiſchen Röhren haben ſich in der Mitte, wo die Laſt wirkte, abgeplattet und der Bruch erfolgte hier zu plötzlich, als daß man aus dieſen Verſuchen den Bruchkoefficienten ableiten könnte. Bei der rechteckigen Röhre drückte ſich eine Seite ein, bog ſich nach innen und die Röhre drehte ſich.

245. Von den gewöhnlichen Proporzionen des gewalzten Eiſens, deſſen Profil die Geſtalt eines doppelten T hat. — Man verwendet jetzt beim Bau von Balkendecken häufig Eiſenſtücke, welche im Walzwerk geſtreckt und doppelt Tförmig ſind. Wenn es die beſonderen Umſtände des Baues erfordern, kann man zwiſchen den verſchiedenen Dimenſionen a priori gewiſſe Verhältniſſe feſtſetzen; es iſt aber wichtig ſich ſo viel als möglich denjenigen zu nähern, welche für die Fabrikazion am leichteſten ſind. Dieſe Stücke ſind zwiſchen zwei kannelirten Walzen geſtreckt, die jede in ihrer Höhlung eine Hälfte des Querprofils darſtellen, und die ſich innerhalb gewiſſer Grenzen willkührlich von einander entfernen laſſen, ſo daß die Dicke des Körpers des Stücks variiren kann, während die Höhe b, der Vorſprung der Ränder a' und die Dicke der Rippen dieſelbe bleibt.

Da die Anzahl der ſolchergeſtalt kannelirten Cylinder nothwendig beſchränkt iſt, ſo muß man mit einem und demſelben Apparate ſo viel als möglich erreichen, und deshalb nimmt man in den Hüttenwerken, wo dieſe Eiſenpiecen fabricirt werden, eine Reihe von Höhen b an, die den Dicken und folglich den verſchiedenen Widerſtandskräften entſprechen. So hat die „Société des Forges de la Providence“ in ihren Hütten von Hautemont bei Maubeuge Reihen von Profilen angenommen, in deren jedem die Höhe b und der Vorſprung a' konſtant ſind (Fig. 40) und wo die Dicke der Rippe ein beinahe konſtanter und $^1/_{20}$ der Höhe b gleicher Bruch iſt. Was die Dicke e_1 des Körpers betrifft, ſo kann ſie in gewiſſen gegebenen Grenzen variiren, je nach dem Widerſtand, den der feſte Körper leiſten ſoll.

Drücken wir, wie wir in §. 144 angegeben haben, das Trägheitsmoment J des Profils in Funkzion zur Höhe b, die für jede Reihe konſtant bleibt, und der Dicke e_1 des Körpers aus, die in jeder Reihe variiren kann, ſo hat man nach der Hypotheſe, daß die Dicke der Rippe gleich $^1/_{20}$ der Höhe iſt,

$$\frac{J}{v'} = \frac{1}{6} e_1 b^2 + 0{,}0903\, a' b^2,$$

und die Formel $\frac{RJ}{v'} = PC$

wird alsdann $^1/_6 e_1 b^2 + 0{,}0903\, a' b^2 = \frac{PC}{R} = \frac{PC}{6000000}$;

woraus $e_1 = \frac{PC}{1000000 b^2} - 0{,}54\, a'$.

Kennt man alſo die Laſt 2P, welche der Körper in ſeiner halben Länge tragen ſoll, und die Tragweite 2C, ſo läßt ſich leicht berechnen, welche Dicke man einem Balken von dieſer Geſtalt geben muß, deſſen Höhe b beſtimmt iſt und deſſen Rippen auf beſtimmte Weiſe vorſpringen.

Digitized by Google

Handelt es sich um eine gleichmäßig vertheilte Belastung, so setzt man $\frac{1}{2}$ p C², statt P C, und erhält somit

$$e_1 = \frac{p\,C^2}{2000000\,b^2} - 0{,}54\,a'.$$

Umgekehrt geben diese Formeln

$$P\,C = 1000000\,b^2\,(e_1 + 0{,}54\,a'),$$

oder $$\frac{p\,C^2}{2} = 1000000\,b^2\,(e_1 + 0{,}54\,a'),$$

um das Moment P C oder $\frac{p\,C^2}{2}$ der Belastung zu berechnen, die jede der beiden Hälften des festen Körpers zu biegen oder zu brechen strebt.

In dem Fall, daß das Verhältniß zwischen der Dicke der Rippe und der Höhe ein anderes wäre, müßten die vorstehenden Formeln modificirt werden, indem man von der allgemeinen Formel ausginge

$$\frac{J}{v'} = \frac{1}{6}\,\frac{a\,b^3 - a'\,b'^3}{b},$$

wo es hinreichend ist, für b' seinen Werth im Verhältniß zur Höhe b zu substituiren, um gleicherweise auf eben so einfache Ausdrücke zu gelangen. Diese Bemerkung gilt ganz besonders für die Eisenstangen mit doppelter T Form aus der Hütte von Montataire, welche in der folgenden Tabelle enthalten sind; das Eisen »de la Providence» ist mit P, das von Montataire mit M bezeichnet. Die Zahlen hinter den Buchstaben sollen die verschiedenen Proben jeder Hütte unterscheiden, und wir werden sie später, wo wir die Anwendung dieser Eisen auf den Bau der Dächer zeigen werden, benutzen. Jedes einzelne Walzwerk liefert eine große Anzahl Proben, die sich voneinander nur durch die Dicke des Körpers unterscheiden. Wir werden nur die beiden äußersten Werthe anführen, zwischen welchen man diese Dicke und folglich das Widerstandsvermögen des Körpers stets modificiren kann.

Das Modell P_8 hat außer den beiden Rippen an seinen Enden noch eine in seiner Mitte; das Moment ist aber berechnet worden, als ob diese nicht existirte.

Die Schwierigkeit, so starke Stücke in einer Länge zu strecken, die zuweilen 6 Met. betragen muß, was einem Gewicht von mehr als 300 Kil. entspricht, erlaubt nicht bei schmiedeisernen Balken aus einem Stück die Dimensionen des vorstehenden Profils zu überschreiten.

Interessante Aufschlüsse gibt die letzte Kolumne, in welcher das Gewicht pro laufenden Meter jedes Probestücks angegeben ist; die den intermediären Dicken entsprechenden Gewichte lassen sich leicht ableiten.

Bezeichnung des Modells.	Höhe des Profils, b	Höhe des Körpers zwischen den Rippen, b'	Vorsprung der Rippen über den Körper a'	Kleinste und größte Breite der Rippen a	Entsprechende Dicke des Körpers e_1	Werth von $\frac{J}{v'}$	Werth des Moments P C oder $\frac{1}{2}$ p C²	Gewicht des Probestücks pro laufenden Meter
P_1	0,100	0,088	0,019	0,043	0,005	0,00002850	171,0	9,00 Kil.
				0,045	0,007	0,00003184	191,0	12,00
M_1	0,100	0,085	0,016	0,042	0,010	0,00003725	223,5	8,06
				0,047	0,015	0,00004560	273,6	11,56
P_2	0,120	0,106	0,0205	0,045	0,004	0,00004018	241,1	11,00
				0,050	0,009	0,00005218	313,1	15,00
M_2	0,120	0,104	0,020	0,047	0,005	0,00004551	273,1	10,00
				0,050	0,010	0,00005751	345,1	14,28
P_3	0,140	0,126	0,0205	0,047	0,006	0,00005590	335,4	14,00
				0,053	0,012	0,00007546	452,5	20,00
M_3	0,140	0,123	0,015	0,050	0,007	0,00007803	408,2	13,00
				0,055	0,012	0,00008454	507,2	18,00
P_4	0,160	0,144	0,0205	0,048	0,007	0,00007727	463,6	15,00
				0,053	0,012	0,00009860	591,6	25,00
M_4	0,160	0,142	0,024	0,055	0,007	0,00011519	691,1	16,50
				0,062	0,014	0,00013031	781,9	25,00
P_5	0,180	0,162	0,0235	0,055	0,008	0,00011198	671,9	20,00
				0,062	0,015	0,00014978	898,7	30,00
M_5	0,180	0,162	0,026	0,060	0,008	0,00011925	715,5	20,00
				0,067	0,015	0,00015709	942,5	30,00
M_6	0,200	0,181	0,0285	0,065	0,008	0,00015167	910,0	22,00
				0,073	0,016	0,00020500	1230,0	34,40
P_7	0,220	0,200	0,0275	0,064	0,009	0,00018224	1093,4	26,00
				0,071	0,016	0,00023871	1532,3	40,00
M_7	0,220	0,201	0,0285	0,065	0,008	0,00017366	1042,0	24,30
				0,073	0,016	0,00023820	1429,2	37,40
P_8	0,260	0,236	0,027	0,067	0,013	0,00029974	1798,4	40,00
				0,074	0,020	0,00037860	2271,6	58,00

Digitized by Google

Dieſe Tabelle kann dazu dienen, um ſo zu ſagen auf der Stelle das paſſende Probeſtück und die Dicke zu finden, welche der Körper haben muß.

Handelt es ſich z. B. um ein Brückenfeld von 5 Met. Tragweite, das für Fußgänger beſtimmt iſt und in gewiſſen ſeltenen Fällen 4 Perſonen pro Quadratmeter oder $280^{Kil.}$ zu tragen hätte, und will man die Balken 1^m0 voneinander entfernen, ſo wird die Laſt pro laufenden Meter für jeden von ihnen betragen: $p = 280^{Kil.}$ Man hat $2C = 5^m0$; $C = 2^m50$; mithin $\frac{1}{2} p C^2 = 140^{Kil.} \times \overline{2,50^2} = 875$.

Man ſieht aus der Tabelle, daß dieſe Zahl zwiſchen denen liegt, die den Balken von 0^m180 Höhe entſprechen, nämlich P_5 oder M_5, und daß folglich die Dicke e_1 des Körpers zwiſchen 0^m008 und 0^m015 mit dem einen oder dem andern dieſer Eiſen liegen muß. Der Unterſchied des gegebenen Moments 875 bis 898,7, was in der Tabelle einer Dicke 0^m015 entſpricht, iſt ſo ſchwach, daß man dieſe Dimenſion wohl annehmen kann. Man hätte die erforderliche Dicke wohl auch entweder genau durch die Formel oder mit hinlänglicher Annäherung durch eine Proporzion gefunden.

Für eine gewöhnliche Fahrbrücke von 6 Met. Breite bei $6^m00 = 2C$ Tragweite, die in manchen Fällen zwei auf ihrer Mitte haltende Wagen tragen ſoll und $12000^{Kil.}$ zuſammen wiegt, hat man bei 8 Balken für jeden von ihnen eine Laſt $2P = 1500$ Kil. in der Mitte; PC iſt folglich gleich $750^{Kil.} \times 3 = 2250^{Kil.}$

Man ſieht aus der Tabelle, daß die Balken von 0^m260 Höhe des Modells P_8 paſſen würden; und berechnete man die dem Körper zu gebende Dicke e_1, ſo würde man finden, daß ſie ungefähr 0^m0185 betragen muß.

246. Verſuche Fairbairn's an ſchmiedeiſernen Balken mit doppelter T Rippe. — Bei dieſen Verſuchen an ſchmiedeiſernen Balken von einer Form, die heut zu Tage beim Bauen ſehr gebräuchlich iſt, hat Fairbairn die Krümmungspfeile im Verhältniß zu den verſchiedenen Belaſtungen, ſo wie die Bruchbelaſtungen beſtimmt. Wir wollen die Daten und Reſultate einiger dieſer Verſuche angeben, um ſie mit den theoretiſchen und praktiſchen Formeln zu vergleichen.

247. Dreißigſter Verſuch Fairbairn's. — Feſter Körper von hämmerbarem Eiſen mit doppeltem T, $2pC = 102^{Kil.}83$ ſchwer und mit einer Tragweite $2C = 3^m355$

$a = 0^m0635$; $b_1 = 0^m,0254$; $a_1 = 0^m0083$; $a_1' = 0^m1016$; $b_1' = 0^m0097$; $b = 0^m2129$; $2C = 3^m05$.

Belaſtungen 2P	Totalbelaſtungen $2P + \frac{5}{8} 2pC$	Biegungen: totale	Biegungen: permanente	Verhältniß der Belaſtungen zu den Biegungen, $\frac{P + \frac{5}{8} pC}{f}$	Elaſticitätskoefficient E pro laufenden Meter	Bemerkungen
Kil.	Kil.	m.			Kil	
400,91	465,10	0,00102		228024	12796000000	
1158,19	1222,46	0,00306		199747	11209000000	
1955,60	2019,93	0,00510		198025	11111833333	
2750,00	2814,27	0,00661		212728	11937666666	
3507,58	3571,85	0,00890		200665	11260666666	
4300,33	4364,60	0,01168	m.	186840		* Bei dieſer Laſt fing der Balken an ſich zu drehen. Die Rippen verlängerten ſich über die Ränder, indem ſie ſich bogen.
5097,61	5161,88	0,01524	0,00229	170009		
5868,62	5932,79 *	"	"	"		
				Durchſchnitt	$11663033333^{Kil.}$	

Die Formel (§. 147), mit Hilfe deren man den Schwerpunkt des Profils beſtimmt, gibt

$$x = \frac{(0,635 - 0,0083)\,\overline{0,0254^2} + 0,0083 \times \overline{0,2129^2} + 2\,(0,1016 - 0,0083)\,0,0097\,(0,2129 - 0,0018)}{2\,[(0,0635 - 0,0083) \times 0,0254 + 0,0083 \times 0,2129 + (0,1016 - 0,0083)\,0,0097]} = 0^m0968,$$

Digitized by Google

woraus $J = \frac{1}{3}\,[(0{,}0635 \times \overline{0{,}0968})^3 - (0{,}0635 - 0{,}0083)\,(0{,}0968 - 0{,}0254)^3 + 0{,}1016\,(0{,}2129 - 0{,}0968)^3 - (0{,}1016 - 0{,}0083)\,(0{,}2129 - 0{,}0968 - 0{,}0097)^3] = 0{,}00002804.$

Man wird zuerst bemerken, daß die Werthe des Verhältnisses $\frac{P + \frac{5}{8} p C}{f}$ der Belastungen zu den Biegungen beinahe, die von solchen Versuchen unzertrennlichen Irrthümer ausgenommen, bis gegen die Belastung von $3507^{Kil.}58$ einschließlich konstant sind, was einer Biegung von 0^m0089 oder ungefähr $\frac{1}{225}$ der Tragweite $2C$ entspricht. Jenseits der Last $2P = 3507^{Kil.}58$ wachsen die Biegungen schneller als die Belastungen, und bald beobachtet man permanente Biegungen.

Bringt man den Werth von $\frac{P + \frac{5}{8} p C}{f}$ und den von J in die Formel

$$E = \frac{1}{3}\,\frac{C^3}{IJ}\,(P + \tfrac{5}{8} p C),$$

so leitet man im Durchschnitte für diese erste Stange daraus ab:

$$E = \frac{1}{3}\,\frac{1{,}6775^3}{0{,}00002804} \times \left(\frac{P + \frac{5}{8} p C}{f}\right) = 116630333333^{Kil.}$$

Die Belastung, welche die praktischen Formeln für diesen festen Körper gegeben hätten, wäre gewesen

$$P = \frac{R J}{v C} = 863^{Kil.}84;$$

woraus $2P = 1727^{Kil.}68,$

eine Belastung, die weit unter der von $3507^{Kil.}$ steht, unter welcher die Biegungen aufgehört haben den Belastungen proporzional zu sein, und noch weit mehr unter derjenigen, welche die Form des festen Körpers verändert hat, woraus hervorgeht, daß man sich der Formeln mit Sicherheit bedienen kann.

Für einen anderen Versuch Fairbairn's hat man

$a = 0^m0620$; $b_1 = 0^m0254$; $a_1 = 0^m0089$;
$a'_1 = 0^m1092$; $b'_1 = 0^m0112$; $b = 0^m2398$;
$2PC = 112^{Kil.}$; $2C = 3^m05$;

und wir könnten mit Hilfe dieser Daten und der in der folgenden Tabelle verzeichneten Resultate eben so den Werth des Elasticitätskoefficienten E für diese neue Stange bestimmen; sie nähert sich sehr der so eben berechneten.

Belastungen $2P$	Totale Belastungen $2P + \frac{5}{8} 2pC$	Biegungen: totale f	Biegungen: permanente f'	Verhältniß der Belastungen zu den Totalbiegungen $\frac{P + \frac{5}{8} pC}{f}$	Elasticitätskoefficient E pro Quadratmeter	Bemerkungen
Kil.	Kil.	m.	m.		Kil.	
401	471					
1394	1464	0,0010		732000	21303000000	Anomalie
1974	2044	0,0031		365164	10677666666	
2762	2832	0,0038		372631	10896000000	
3546	3616	0,0048		376666	11013800000	
4342	4412	0,0053		416226	12170666666	
5109	5179	0,0066		392348	11472500000	
5880	5950	0,0076	0,0008	391447	11446000000	
6656	6726	0,0089	0,0008	377865	11052000000	
7417	7487	0,0114	0,0023	328377		* Unter dieser Last drehte sich der feste Körper.
8206	8276	0,0173	0,0066	239248		
8590	8606 *					
				Mittel E =	11247000000 Kil.	

Die Formel, mit deren Hilfe man die Lage des Schwerpunkts des Profils bestimmt, hat gegeben;

$$x = \frac{(0{,}0620 - 0{,}0089)\,\overline{0{,}0254^2} + 0{,}0089 \times \overline{0{,}2398^2} + 2\,(0{,}1092 - 0{,}0089)\,0{,}0112\,(0{,}2398 - 0{,}0056)}{2\,[(0{,}0620 - 0{,}0089)\,0{,}0254 + 0{,}0089 \times 0{,}2398 + (0{,}1092 - 0{,}0089)\,0{,}0112]} = 0{,}1164;$$

Digitized by Google

hieraus $J = \frac{1}{3}\,[0{,}0620 \times \overline{0{,}1164^3} - (0{,}0620 - 0{,}0089)\,(0{,}1164 - 0{,}0254)^3 + 0{,}1092\,(0{,}2398 - 1164)^3 - (0{,}1092 - 0{,}0089)\,(0{,}2398 - 0{,}1164 - 0{,}0112)] = 0{,}00004043.$

Mit Hilfe dieser Werthe gibt die Formel

$$E = \frac{1}{3}\,\frac{(P + \frac{5}{8}\,p\,C)\,C^3}{f\,J}$$

für den mittleren Werth des Elasticitätskoefficienten dieser Stange

$$E = 11247000000^{\text{Kil.}};$$

ein Werth, der bis zu einer Biegung von $\frac{1}{343}$ der Tragweite gilt.

Die permanente Last, welche der Körper nach den praktischen Formeln hätte tragen können, wäre gewesen $2\,P = 2\,\frac{R\,J}{C\,v'} = 2342^{\text{Kil.}}8$, während die Biegungen den Belastungen bis zu der von $6656^{\text{Kil.}}$ proporzional geblieben sind.

248. Bei einem dritten Versuch endlich hat man: $a = 0^m070$; $b_1 = 0{,}0254$; $a_1 = 0{,}0096$; $a'_1 = 0^m109$; $b'_1 = 0{,}0107$; $b = 0{,}2647$; $2\,p\,C = 125^{\text{Kil.}}$; $2C = 3^m05$.

Belastungen $2\,P$	Totalbelastungen $2\,P + \frac{5}{8}\,2\,p\,C$	Biegungen: totale f	Biegungen: permanente f'	Verhältniß der Belastung zu der Totalbiegung $\frac{P + \frac{5}{8}\,p\,C}{f}$	Elasticitätskoefficient E pro □Met.
Kil.	Kil.	m.			Kil.
401	479,125	0,0005		479125	10755000000
1181	1259,125	0,0013		484279	10871000000
1977	2055,125	0,0023		446766	10028666666
2766	2874,125	0,0028		513236	11519000000
3549	3627,125	0,0036		505156	11339600000
4330	4408,125	0,0042	m.	548586	12314000000
5099	5177,125	0,0049	0,0008	528278	11858500000
5889	5967,125	0,0056	0,0008	532779	11959500000
6672	6750,125	0,0064	0,0010	527353	11837700000
7432	7510,125	0,0064		586713	13172400000
8203	8281,125	0,0074		559535	12560000000
8987	9065,125	0,0094		482187	10824000000
9764	9842,125	0,0121		406699	
10141	10219,125	0,0150		340637	
10440	10518,125			Durchschnitt $E = 11595000000^{\text{Kil.}}$	

Die Formel, vermittelst welcher man die Lage des Schwerpunkts des Profils bestimmt, ergab

$$x = \frac{(0{,}070 - 0{,}0096)\,\overline{0{,}0254^2} + 0{,}0096 \times \overline{0{,}2647^2} + 2\,(0{,}109 - 0{,}0096)\,0{,}0107\,(0{,}2647 - 0{,}0053)}{2\,[(0{,}070 - 0{,}0096)\,0{,}0254 + 0{,}0096 \times 0{,}2647 + (0{,}109 - 0{,}0096)\,0{,}0107]} = 0^m1191,$$

Hieraus leitet man ab

$= \frac{1}{3}\,[0{,}70 \times \overline{0{,}1191^3} - (0{,}70 - 0{,}0096)\,(0{,}1191 - 0{,}0254)^3 + 0{,}109\,(0{,}2647 - 0{,}1191)^3 - (0{,}109 - 0{,}0096)\,(0{,}2647 - 0{,}1191 - 0{,}0107)^3]$

$= 0{,}00005266.$

Bringt man diesen Werth von J in die Formel

$$E = \frac{1}{3}\,\frac{(P + \frac{5}{8}\,p\,C)\,C^3}{f\,J},$$

so erhält man für den Durchschnittswerth von E

$$E = 11595000000^{\text{Kil.}},$$

der bis zu einer Biegung von $\frac{1}{210}$ der Tragweite gilt.

Für diesen festen Körper hätten unsere Formeln eine Belastung ergeben von

$$2\,P = 2587^{\text{Kil.}}2,$$

während die Biegungen den Belastungen bis zu $8987^{\text{Kil.}}$ proporzional geblieben sind.

Digitized by Google

249. Folgerungen aus diesen Resultaten. — Diese Versuche Fairbairn's bestätigen uns die Proporzionalität der Biegungen zu den Belastungen für die schmiedeisernen Stangen von doppelter T Form und den Werth des Elasticitätskoefficienten, welcher für die Stangen dieser Art, die gewalzt sind und im Allgemeinen aus einem weichen und biegsamen Eisen bestehen, anzunehmen ist.

Dieser Werth, der aus den Durchschnittszahlen der drei Stangen abgeleitet ist, läßt sich annehmen zu

$$E = 11502000000^{Kil.}.$$

Sie zeigen uns zu gleicher Zeit, daß die festen Körper viel größere Lasten hätten tragen können als die von unseren praktischen Formeln angegebenen, und daß folglich diese Regeln alle nur wünschenswerthe Sicherheit gewähren.

250. Versuche an einem Balken, der aus Tförmigen durch Eisenblechplatten verbundenen Stücken bestand. — Der geschickte pariser Architekt Kaulek hat in letzterer Zeit mehrere Fußböden konstruirt, in welchen er das Schmiedeisen und Eisenblech zugleich anwendete. Anstatt sich geradezu der im Handel vorkommenden doppelten TEisen zu bedienen, bildet er wirkliche Eisen dieser Art, deren Körper sehr dünn ist, dadurch, daß er die Körper zweier einem einfachen T ähnlichen Eisenstücke durch zwei Backen von dünnem Eisenblech verbindet, die sehr lang und mit den Körpern vernietet sind. Sodann vereinigt er zwei solche Stücke mittelst Bolzen von Strecke zu Strecke, und diese halten die Stücke in gehörigen Entfernungen voneinander fest. Sollen diese Balken dem Auge ausgesetzt sein, so spart er in den Balken von Eisenblech Lücken aus, die sowohl das Gewicht der Stücke vermindern, als auch zu einer Art Ornamentirung Gelegenheit geben.

Die vor einiger Zeit in dem »Conservatoire des arts et métiers« probirten Balken sind in verschiedenem Maßstabe, um das Verständniß der Figuren zu erleichtern, im Querdurchschnitt und im Längenaufriß (Fig. 41 und 42) dargestellt. Da der Abstand dieser beiden dergestalt verbundenen Balken 0^m50 von Mitte zu Mitte beträgt, so folgt, daß sie eine Fläche von $4^m \times 0^m50 = 2$ □Meter bedecken würden.

Ihre Totallänge betrug 4^m66, und die fünf Bolzen, die sie im Abstand voneinander festhalten, wogen zusammen . . . . . $4^{Kil.}200$
die beiden Seitenstangen wogen, eine zu
$44^{Kil.}900$ . . . . . $89^{Kil.}800$
Totalgewicht $94^{Kil.}000$.

Dies gibt pro Längenmeter $20^{Kil.}17$ oder pro □Meter des von ihnen bedeckten Flächenraums $40^{Kil.}34$. Das Gewicht von $20^{Kil.}17$ pro Linearmeter ist beinahe das des doppelt Tförmigen Eisens M^5 der Hütte von Montataire; wir werden sehen, welchen Einfluß diese Methode, das Gewicht zu vertheilen, auf die Widerstandsfähigkeit ausüben wird.

Nennen wir, wie wir bisher gethan haben, die obere und untere Breite der Rippen a, die Totalhöhe des Stücks b, den Vorsprung der Rippen a', die Höhe zwischen ihnen b'; nennen wir ferner die Dicke des Raums zwischen den beiden Eisenblechen a'' und die in der Richtung der Höhe zwischen den Enden der Körper der T Eisen b'', so haben wir

$a = 0^m036$; $b = 0^m200$; $2a' = 0^m0255$;
$b' = 0^m187$; $a'' = 0^m0065$; $b'' = 0^m122$.

Somit wäre das Gewicht für beide Stangen zu berechnen auf $2(ab - 2a'b' - a''b'') \times 4^m66 =$ $118^{Kil.}55$.
Fügt man das Gewicht der Bolzen hinzu $4^{Kil.}20$
so hat man . . . . . $122^{Kil.}75$;
zieht man das Gewicht der 12 in der 0^m004 betragenden Totaldicke der doppelten Blechplatten angebrachten Lücken ab . . . $28^{Kil.}41$,
so erhält man als Gewicht . . . . . $94^{Kil.}30$;
eine Zahl, die sich dem direkt beobachteten Gewicht sehr nähert.

Um aber die Lücken in Rechnung zu bringen, geben wir $2a'$ einen größeren Werth: $2a' = 0^m027$, was dasselbe ist, als wenn wir annehmen, das Eisenblech sei undurchbrochen und seine Dicke betrüge $1^{Mill.}12$ anstatt $2^{Mill.}$.

Wir können jetzt das Moment J des ganzen Balkens berechnen durch die Formel $J = 2 \times \frac{1}{12}(ab^3 - 2a'b'^3 - a''b''^3) = 2 \times \frac{1}{12}(0{,}00011) = 0{,}000018$; dieser Werth wird uns dazu dienen die Biegungen zu berechnen, die in jedem Falle durch die Formel von §. 202

$$f = \tfrac{1}{3}\,\frac{C^3 \times \frac{5}{8}\,p\,C}{E\,J},$$

gegeben sind, wo $2C$ der Abstand zwischen den Stützen und $2pC$ die gleichmäßig auf die Piece vertheilte Belastung ist.

Digitized by Google

251. Art und Weiſe des Verſuchs. — Bei allen im »Conservatoire des arts et métiers« angeſtellten Beobachtungen betrug der Abſtand zwiſchen beiden Stützen konſtant 4 Met.; die Balken lagen auf zwei dicken Eiſenplatten, die ihrerſeits auf gezimmerten oder gemauerten Trägern ruhten.

Ein in der Mitte des Stückes mit einer feinen Spitze geführter Strich wurde mit Hilfe eines guten Kathetometers beobachtet, deſſen Nonius direkt die Hundertſtel der Millimeter abzuleſen geſtattete.

Die Belaſtung war in 17 Kaſten von Tannenholz vertheilt, wovon jeder 4Kil. wog und die ſo eingerichtet waren, daß ſie eine gewiſſe Anzahl von Kugeln von 400 Gr. Gewicht aufnehmen konnten; dies Gewicht wurde aber beſtändig durch eine Wage direkt ermittelt und die gleichmäßig vertheilte Belaſtung wurde nach und nach auf 500, 1000, 1500, 2000 und 2500Kil. gebracht. Die Breite der Kaſten war eine ſolche, daß der Seitenrand der erſten mit dem Rand der Tragplatte genau in einer Linie, und daß jeder Kaſten von dem ihm zunächſt ſtehenden durch einen konſtanten Zwiſchenraum von einigen Millim. getrennt war. Hierdurch war man ſicher, daß ſie alle einzig und allein auf dem Balken ruhten, ohne ſich gegenſeitig zu ſtützen, und man muß anerkennen, daß die Belaſtung ſomit ſehr genau und gleichmäßig vertheilt war. Bei den Verſuchen mit nur einer Laſt in der Mitte des Stückes hing dieſe an einer runden eiſernen Stange von 3 Centim. Durchmeſſer, die auf dem Balken ruhte und eine zuvor mit der größten Sorgfalt in der Mitte gezogene Linie genau bedeckte. Dieſe Verſuche mit einer einzigen Laſt wurden übrigens nur in geringer Anzahl ausgeführt und dienten auf dieſe Weiſe angeſtellt nur dazu, um nachzuweiſen, daß die Wirkung einer auf die ganze Länge gleichmäßig vertheilten Belaſtung der Wirkung einer auf die Mitte des Stücks drückenden Belaſtung von nur $^5/_8$ der Totalbelaſtung gleichkommt. Hätte man ſich bei den erſten Beobachtungen damit begnügt, die abgeleſenen Höhen des Kathetometers aufzuzeichnen, ſo hätte man für jede Belaſtung eine permanente Biegung annehmen müſſen, indem der nach dem Abnehmen der Laſt abgeleſene Werth ſtets um mehrere Hundertſtel von Millimetern geringer iſt als der zuerſt abgeleſene; aber eine aufmerkſamere Prüfung hat gezeigt, daß dieſer Unterſchied einzig und allein in einer Senkung der Stützpunkte ſeinen Grund hat, eine Senkung, die um ſo fühlbarer war, als das ganze Syſtem auf mehreren flach aufeinander liegenden Hölzern lag.

Um zu ermitteln, welcher von beiden Urſachen dieſe Unterſchiede wohl zuzuſchreiben wären, drehte man jedesmal vor und nach der Beobachtung die Piece um; der Durchſchnitt der Ableſungen vor dem Verſuch gab die genaue Ziffer der Mitte des Balkens über dem Nullpunkt des Maßſtabes; dieſelbe Operazion nach dem Entfernen der Laſt mußte, welches auch die permanente Biegung der Piece ſein mochte, im Mittel dieſelbe Ziffer geben, wenn die Stützpunkte ſich nicht verändert hatten. Die Erfahrung zeigte, daß dies nicht der Fall war, und eine ſehr einfache Berechnung bewies, daß der ganze Unterſchied von der oben angeführten Senkung herrührte.

Um dem ſtörenden Einfluß dieſer Urſache zu begegnen, wurden die eichenen Stützen an jedem Ende durch einen harten Stein erſetzt, der auf ſeinen beiden oberen und unteren Seiten vollkommen glatt war und auf ſeinem Haupt ruhte. Dieſelben früher verwendeten Eiſenplatten dienten dazu, die Tragweite auf dieſen beiden Steinen, die nicht mehr verrückt werden durften, zu reguliren. Bei dieſer neuen Anordnung zeigten ſich zwar geringere aber immer noch bemerkbare Unterſchiede, und bei der Beobachtung des umgedrehten Stücks ergab ſich immer ein Sinken als Urſache. Nach einigen Wochen aber, während welcher ſehr oft die Belaſtungen aufgelegt und abgenommen worden, war der Kontakt zwiſchen Stein und Eiſen wahrſcheinlich inniger geworden; das Sinken hatte aufgehört und der Balken kehrte nach ſeiner Entlaſtung genau zu ſeiner urſprünglichen Höhe zurück.

Es läßt ſich alſo verſichern, daß innerhalb der Grenzen der ausgeübten Kraftäußerungen die ganze Zeit hindurch, als dieſe Verſuche dauerten, ſich keine permanente Biegung zeigte, welche mit dem genannten Inſtrumente, das mit Genauigkeit das Hundertſtel Millimeter angab, zu bemerken geweſen wäre.

Es wird ohne Zweifel durch nichts bewieſen, daß es ſich auch bei anderen Gelegenheiten ſo verhält; nach einem ſolchen Reſultat aber darf man ſich fragen, ob bei allen ſolchen Verſuchen ſtets Vorſichtsmaßregeln getroffen wurden, um das Feſtſtehen der Stützen zu ſichern. Die Mittel, deren man ſich in vielen Fällen bediente, um durch Hebel die Ausdehnung der Biegungsphänomene zu vergrößern, mußten hierbei auch

Digitized by Google

das Sinken begreifen, das wir direkt beobachtet haben, und die permanenten Biegungen sind ohne Zweifel da, wo sie bestehen, um das vergrößert worden, um was sich die Stützen gesenkt haben.

252. Resultate der Beobachtung. — Obgleich man nach jeder Belastung oder Entlastung die Sorgfalt gebrauchte mit dem Eintragen der Ablesungen zu warten bis der Balken aufgehört hatte in 24 Stunden irgend eine Veränderung zu zeigen, so glaubte man doch mit dem Belasten und Entlasten allmählig verfahren zu müssen; man belastete dergestalt in einer gewissen Anzahl von Versuchen nach und nach mit 500, 1000, 1500, 2000 und 2500 Kilogr., und entfernte alsdann diese Gewichte. Bei anderen Versuchen dagegen belastete man zuerst mit 2500 Kil.; alle 24 Stunden nahm man 500 Kilogr. weg, und zwar gleichmäßig aus allen den 17 Kasten, welche die Totalbelastung enthielten. Man hörte damit erst auf, als die Beobachtungen in diesen beiden Fällen vergleichbar wurden und nur um 1 bis 2 Hundertstel Millim. differirten.

Die folgende Tabelle enthält den Durchschnitt der aus diesen Versuchen abgeleiteten Resultate.

Gleichmäßig vertheilte Belast. 2 pC	Beobachtete Biegung in Millim. f.	Biegung bei 500 Kil.
Kilogr.	Millim.	Millim.
500	2,580	2,580
1000	4,885	2,442
1500	7,190	2,396
2000	9,450	3,362
2500	11,742	2,348

Man wird bemerken, daß sich die Biegung bei 500 Kil. in dem Maße vermindert, als die Belastung wächst; dieser Unterschied aber erklärt sich durch die Unmöglichkeit für die ersten 500 Kil. eine eben so geringe Biegung zu erhalten wie für die folgenden Belastungen. Dies kann man nur dadurch erklären, daß man annimmt, der Kontakt mit den Stützen sei nicht innig genug, wenn der Balken unbelastet ist, und dennoch hat man sich davor selbst nicht dadurch schützen können, daß man die Enden des Balkens vorher und nach außen zu mit einem Gewichte belastete, welches dem gleich war, das in der Folge auf die Länge gleichmäßig vertheilt werden sollte. Vielleicht gaben auch die Verbindungen unter dem ersten Druck etwas nach; wie sich dies aber auch verhalten mag, stets werden wir, wenn wir von den Totalbiegungen die Biegung $f_1 = 2^{mil.}580$ abziehen und nach dieser Subtrakzion die Biegung für 500 Kil. suchen, mit Hilfe der Zahlen der vorstehenden Tabelle $2^{mil.}305$, $2^{mil.}305$, $2^{mil.}290$, $2^{mil.}290$ finden, und diese Zahlen zeigen gewiß eine so genaue Uebereinstimmung wie man sie bei solchen Versuchen nur hoffen darf.

Nach diesen Betrachtungen nehmen wir nun an, daß sich der von Kaulek konstruirte und im „Conservatoire des arts et métiers" probirte Balken bei einer gleichmäßig vertheilten Belastung von 500 Kil. um $2^{mil.}30$ biegt und daß die Proporzionalität zwischen Belastungen und Biegungen mindestens bis zu einer Totalbiegung von $11^{mil.}642$ oder $\frac{1}{365}$ der Tragweite besteht, die in der Praxis nie erreicht werden darf und die einer Totalbelastung von 2500 Kil. entspricht. Dieser Werth der Biegung pro 500 Kil. zugleich mit J in die Formel

$$f = \tfrac{1}{3}\,\frac{C^3 \times \tfrac{5}{8}\,p\,C}{E\,J}$$

gebracht, gibt $0{,}0023 = \tfrac{1}{3}\,\frac{8 \times \tfrac{5}{8} \times 250\ \text{Kil.}}{E \times 0{,}000018}$,

woraus $E = 10065000000$ Kil. für den Elasticitätskoefficienten abgeleitet wird.

Diese Zahl differirt etwas mit der aus Fairbairn's Versuchen abgeleiteten, und man darf nicht erstaunen sie etwas kleiner zu finden, da die ganze Dispositzion aus Materialien bestand, die unter sich weniger solidarisch waren als die doppelten T Stangen, an denen Fairbairn experimentirte.

Nehme man als Elasticitätskoefficient $E = 12000000000$ Kil. für das doppelt Tförmige Eisen M_5 an, welches eben so schwer ist als der Balken Kaulek's, so würde man finden

$$f = 3^{mil.}24,$$

woraus der Vortheil der neuen Dispositzion hervorgeht, die überdies einen großen Raum steif zu bedecken gestattet und dabei die Solidarität der langen Stücke garantirt.

Was die Bestätigung der theoretischen Konsequenz bezüglich der einen auf die Mitte der Tragweite drückenden Last betrifft, so gilt sie nur für 315 und 630 Kil., welche resp. gleiche Biegungen mit gleichmäßig vertheilten 500 und 1000 Kil. gegeben haben.

Digitized by Google

Nun aber hat man $\frac{315}{500} = 0{,}630$ und $\frac{630}{1000} = 0{,}630$, während die Theorie für das Verhältniß der Belaſtungen den Werth $^5/_8 = 0{,}625$ angibt. Dieſes ſchon früher von Dupin an dem Holze beſtätigte Geſetz iſt es nun auch nach unſeren Verſuchen an eiſernen Balken.

253. Hölzerne Balken mit eiſernen Armaturen. — Man hat zuweilen den Verſuch gemacht die Feſtigkeit der hölzernen Balken dadurch zu erhöhen, daß man ſie außen oder innen mit dicken Eiſenblechblättern beſchlug. Ein Verſuch Fairbairn's zeigt, daß man bei der verſchiedenen Biegſamkeit beider Materiale in dieſer Hinſicht ſehr vorſichtig ſein muß.

Ein Holzbalken aus zwei Stücken von 0^m305 Breite und Dicke und 6^m70 Tragweite, der innen ein Eiſenblech von 0^m305 Höhe und 0^m0095 Dicke hatte, welches mittelſt Bolzen ſehr innig an ihm befeſtigt war, wurde in ſeiner Mitte allmählig belaſtet und die Biegungen wurden gemeſſen.

Belaſtungen 2 P in der Mitte.	Biegungen.	Bemerkungen.
Kilogr.	Met.	
1137	0,0063	
4060	0,0126	
5075	0,0189	* Die Laſt von 21315 Kil. wurde erſt nach 16 Stunden abgenommen, und man bemerkte, daß der Körper einen permanenten Krümmungspfeil von 0^m033 angenommen hatte.
8120	0,0254	
10150	0,0330	
12180	0,0381	
14210	0,0508	
18270	0,0571	
19285	0,0635	
20300	0,0711	
21315 *	0,0838	

Nach dieſen Dimenſionen hätte das Stück permanent tragen können

für das Holz allein . . .	$1694^{Kil.}0$
für das Eiſen allein . . .	$527^{Kil.}6$
	$2221^{Kil.}6$

Man findet in der That durch die praktiſchen Formeln aus §. 173

für das Holz $P = \frac{100000 \times 0{,}305^3}{3{,}35} = 847^{Kil.}$,

und für das Eiſen

$$P = \frac{1000000 \times 0{,}0095 \times 0{,}305^3}{3{,}35} = 263^{Kil.}80.$$

Nimmt man an, das Holz wäre unter der zehnfachen Belaſtung gebrochen als die beträgt, welche die Formel angiebt, ſo ſieht man, daß es ungefähr bei $16940^{Kil.}$ gebrochen wäre und daß durch die Anwendung des Eiſenblechs ſein Widerſtand in der That vergrößert worden zu ſein ſcheint; nach der Entlaſtung aber hat das zuſammengeſetzte Stück eine permanente Krümmung von 0^m033 oder $\frac{1}{203}$ behalten. Man ſieht, daß der Unterſchied der Elaſticität beider Subſtanzen eine Urſache der Deformazion der feſten Körper dieſer Art iſt und daß man in dieſem Fall die Biegungen nach denen des am wenigſten elaſtiſchen Körpers begrenzen muß, damit beide Stücke vereinigt keine bleibende Krümmung annehmen.

Ungeachtet deſſen glaube ich, daß unter gewiſſen Umſtänden, wo eine Beſchränkung der Dimenſionen von Holzpiecen von der Nothwendigkeit geboten iſt, der Gebrauch eiſerner Armaturen nützlich ſein kann, beſonders wenn die Laſten die von den Formeln angegebenen nicht um viel überſteigen.

Große Röhren von Eiſenblech.

254. Bemerkungen Fairbairn's über die beſte Form der Röhrenbrücken. — Schon bei ſeinen erſten Verſuchen an cylindriſchen, elliptiſchen und rechtwinkligen Röhren bemerkte Fairbairn, daß, wenn die Nieten feſt waren, alle Röhren an ihren oberen Theilen nachgaben, indem ſich dieſer unter der Kompreſſionskraft bog. Dieſes erſte Reſultat zeigte:

1. daß ſowohl bei den Röhren wie bei den feſten Körpern, wenn ſie ſich biegen, der konkave Theil komprimirt und der konvexe extendirt wird;

2. daß der Widerſtand des Schmiedeiſens gegen das Zerdrücken durch Kompreſſion bei weitem geringer iſt als ſein Widerſtand gegen das Zerreißen durch Extenſion.

Dieſe Beobachtung brachte ihn zuerſt auf den Gedanken für die Decke der Röhren ſtärkere Platten zu nehmen als für den Boden, bis er in der Folge die Zellenform vorſchlug, die Stephenſon definitiv annahm.

255. Verſuche über die den Röhrenbrücken auf Eiſenbahnen zu gebenden Verhältniſſe. — Nachdem Fairbairn durch ſeine

Digitized by Google

vorläufigen Verſuche an Röhren von verſchiedenen Formen und mit Tragweiten, die 6 Meter nicht überſchritten, zu dem Endreſultat gelangt war für den oberen Theil ſolcher Röhren einen aus Rechtecken zuſammengeſetzten Querſchnitt von zellenförmiger Geſtalt anzuwenden, ſuchte er durch eine Reihe von Experimenten das Verhältniß zu beſtimmen, welches zwiſchen den Querſchnittsflächen der Decke und des Bodens ſolcher Röhren obwalten muß. Zu dieſem Zweck ließ er zuerſt eine Röhre mit zellenförmiger Decke anfertigen, deren Boden aus flachen Eiſenblechplatten ſich allmählig verſtärken ließ, bis man ſtufenweiſe zu Verhältniſſen gelangte, wo der Widerſtand gegen das Zerdrücken durch Kompreſſion der Decke und der gegen das Zerreißen durch Extenſion des Bodens beinahe gleich war. Von dieſem Geſichtspunkte aus leitete dieſer ausgezeichnete Ingenieur ſeine methodiſchen Verſuche, welche wir im Folgenden beſprechen wollen.

Die Verhältniſſe der zu probirenden Röhren wurden auf ein Sechſtel der wirklichen Größe, die bei den Brücken zur Anwendung kommen ſollte, feſtgeſetzt. Da die Britanniabrücke 450 (engliſche) Fuß Tragweite erhalten ſollte, ſo mußte diejenige des Modells $\frac{450}{6} = 75$ Fuß $= 22^{m}875$ betragen, die Höhe in der Mitte der Länge 4 Fuß 6 Zoll $= 1^{m}37$, und die Breite 2 Fuß 8 Zoll $= 0^{m}813$. Eben ſo betrug die Dicke der Bleche $\frac{1}{6}$ der für die Britanniabrücke beſtimmten. Aus dieſen Reſultaten ergibt ſich, daß zwiſchen dem Modell und der wirklichen Röhre der Widerſtand des Querſchnittes im Verhältniß von 1 zu 36, und das Gewicht der Röhre im Verhältniß von 1 zu 216 zunahm.

Die Figuren 47 und 49 geben eine Idee dieſes Modells. Die Decke beſtand aus 6 Zellen von 6,5 Zoll $= 0^{m}165$ auf 6 Zoll $= 0^{m}152$; die Platten überdeckten einander um 1 Zoll $= 0^{m}0254$. Erfolgte bei den Verſuchen ein Bruch, ſo wurde über die Fugen eine Deckplatte gelegt.

Die Zellen wurden durch ein einfaches Winkeleiſen (Fig. 43) gebildet, deſſen Querdurchſchnitt 0,175 □ Zoll $= 0^{\square m}000143$ betrug; die Seiten aber und der oberſte Theil waren durch ſtärkere Winkeleiſen von 0,325 □ Zoll $= 0^{\square m}000210$ Querſchnitt verbunden.

Die Eiſenblechplatten, welche die Seiten bildeten, lagen 2 Zoll $= 0^{m}0508$ übereinander und waren nur durch eine Reihe von Nieten verbunden. An allen Stellen zwiſchen den Winkeleiſen war eine Platte über die Fuge genietet. Den Boden bildeten zwei Platten, die auf ein Band von Eiſenblech von 3 Zoll $= 0^{m}1062$ Breite, welches ſich über die ganze Länge erſtreckte, feſtgenietet waren. Die Querfugen wurden durch Platten von 3 Fuß $= 0^{m}915$ Länge auf 1 Fuß 6 Zoll $= 0^{m}457$ Breite überdeckt.

Die Dicke der Platten wurde gemeſſen, indem man eine gewiſſe Anzahl regelmäßig geſchnittener und gut geebneter Stücke aufſchichtete und die Totaldicke durch die Anzahl der Platten dividirte.

Die Röhre, an welcher experimentirt werden ſollte, ruhte mit ihren Enden auf zwei gemauerten Pfeilern, die in Fig. 49 dargeſtellt ſind. Um dieſen Pfeilern keine große Höhe geben zu müſſen, wurde unter der Röhre in der Mitte der Tragweite ein Graben angelegt, und die aus gegoſſenen Eiſengewichten beſtehende Laſt hing frei über dieſem Graben; nach erfolgtem Bruch ruhten die Gewichte auf dem Boden deſſelben.

Die an dieſen Modellröhren angeſtellten Experimente waren ſehr zahlreich; wir werden uns indeſſen auf diejenigen beſchränken, welche zur Erklärung der Reſultate, zu welchen Fairbairn gelangte, erforderlich ſind.

256. 33ter Verſuch. — Das Modell hatte folgende Dimenſionen:

Länge $23^{m}79$,
Tragweite $2C = 22^{m}88$,
Breite des Körpers $0^{m}813$,
Breite des oberen Theils $a = 0^{m}907$,
Höhe des oberen Theils $e = 0^{m}170$,
Dicke der Bleche des oberen Theils $0^{m}0037$,
Dicke des Bodenblechs e', $= 0^{m}00476$,
Breite des Bodens $a' = 0^{m}890$,
Dicke der Seitenbleche $e_1 = 0^{m}00251$,
Höhe der Seiten $1^{m}073$,
Gewicht der Röhre $2pC = 4933$ Kil.

Um die Entfernung des Schwerpunkts oder der neutralen Achſe von der Decke der Röhre zu finden, hat man zuerſt, wenn man den Flächenraum des Querſchnittes der Decke mit A bezeichnet,

$$A\left(x - \frac{e}{2}\right) + e_1(x-e)^2 = a'e'_1(b-x) + e_1(b-x)^2,$$

Digitized by Google

woraus $x = \frac{A\frac{e}{2} + e_1(b^2 - e^2) + a' e'_1 b}{A + a' e'_1 + 2e_1(b-e)}$.

Nach dieſen Dimenſionen war der Flächenraum des Querſchnittes vom oberen Theil mit Inbegriff der Winkeleiſen, deren Dimenſionen nicht gegeben ſind, im Ganzen

$$A = 24{,}024 \square \text{Zoll} = 0^{\square m}015495;$$

derjenige des Bodens

$$A' = a'e'_1 = 8{,}8 \square \text{Zoll} = 0^{\square m}00576$$

und der der Seiten

$$A'' = 2e_1(b-e) = 0^{\square m}005805,$$

ſo daß die Formel folgendermaßen gegeben werden kann

$$x = \frac{A\frac{e}{2} + A''\frac{(b+e)}{2} + A'b}{A + A' + A''}.$$

Nach dieſer Vorausſetzung berechnet man zuerſt das Moment J' des oberen Theils im Verhältniß zu einer Linie N O (Fig. 47), die durch ſeine Mitte geht, und nennt man a_2 die Summe der inneren Breiten der 6 Zellen, und e_2 ihre innere Höhe, ſo erhält man

$$J' = \frac{1}{12}(ae^3 - a_2e_2^3).$$

Multiplicirt man ſodann die Fläche $A = ae - a_2e_2$ des Querſchnitts der Decke mit dem Quadrat des Abſtandes $x - e$ zwiſchen ihrem Schwerpunkt und dem der Röhre, und addirt man dieſes Produkt zu J', ſo erhält man das Trägheitsmoment J_1 dieſer Decke im Verhältniß zur neutralen Achſe, alſo

$$J_1 = J' + A(x-e)^2;$$

das Trägheitsmoment desjenigen Theils der Seiten, der zwiſchen der Decke und der neutralen Achſe liegt, iſt im Verhältniß zu dieſer Linie b

$$\frac{2}{3}e_1(a-e)^3;$$

das des untern Theils der Seiten im Verhältniß zur nämlichen Linie (§. 143)

$$\frac{2}{3}e_1(x-e)^3;$$

das des eingeſchloſſenen Theils der Seiten im Verhältniß zu derſelben Linie

$$\frac{2}{3}e_1(b-x)^3.$$

Mithin iſt das des Bodens

$$a'e'_1 \times (b-x)^2.$$

Das totale Trägheitsmoment iſt folglich

$$J = \frac{1}{12}(ae^3 - a_2e_2^3) + A(x-e)^2 + \frac{2}{3}e_1[(x-e)^2 + \frac{2}{3}e_1(x-e)^3 + (b-x)^3 + A'(b-x)^2,$$

woraus man den Werth von $\frac{J}{v'}$ ableitet, indem man die größte der beiden Größen x oder $b-x$ mit v' bezeichnet.

Nachdem die Werthe von J und v' berechnet waren, hat man ſie in die folgende Tabelle bringen können, welche die von Fairbairn an dieſer Röhre beobachteten Reſultate enthält.

Digitized by Google

Belaſtungen auf die Mitte 2P	Totallaſt $2P + \frac{5}{8} 2pC$	Totalbiegungen f	Verhältniß der halben Belaſtung zur Biegung $\frac{P + \frac{5}{8} pC}{f}$	Elaſticitätscoefficient	Proporzionale Verlängerung $j' = \frac{PCv'}{EJ}$	Belaſtungen, die man aufladen kann, ohne die Elaſticität zu verändern $Ef' = R'$
Kil.	Kil.	m.		Kil.		Kil.
922	4005	0,0045	445110	20836000000	0,00007537	1570300
2070	5153	0,0045	572450	26797000000	0,00007587	1570300
3208	6291	0,0070	450320	21032000000	0,00011724	2465700
4350	7433	0,0095	391160	18311000000	0,00015911	2913300
5498	8581	0,0123	348780	16327000000	0,00020601	3363400
6646	9729	0,0136	357720	16745000000	0,00018093	3029700
7798	10881	0,0161	337890	15817000000	0,00026964	4265000
8935	12018	0,0203	296010	13889000000	0,00033999	4711000
10008	13091	0,0235	278510	13037000000	0,00039358	5131300
10992	14075	0,0265	265550	12442000000	0,00044342	5517000
11866	15949	0,0290	274970	12871000000	0,00048570	6251600
12919	16002	0,0314	275900	11928000000	0,00052589	6272700
13876	16959	0,0339		11708000000		
14844	17927	0,0368		11401000000		
15826	18909	0,0396		11176000000		
16797	19880	0,0422		11026000000		
17785	20868	0,0450		10854000000		
18789	21872	0,0483		10599000000		
19752	22835	0,0508		10521000000		
20752	23835	0,0533		10466000000		
21706	24789	0,0559		10379000000		
22682	25765	0,0584		10325000000		
23671	26754	0,0610		10265000000		
24659	27742	0,0641		10141000000		
25629	28712	0,0686				
26604	29687	0,0744				
27693	30776	0,0762				
28566	31649	0,0813				
29700	32783	0,0864				
30732	33815	0,0981				
30975	34058	0,0870				
31990	35073	0,0921				
33005	36088	0,0946				
34019	37102	0,1029				
35024	38117	0,1111				
36049	39132					

Nachdem die Röhre anderthalb Minuten lang die Laſt 36049 Kil. getragen hatte, brach ſie, indem der Boden riß, und zwar 0m610 von dem Punkte entfernt, wo die Belaſtung angehängt war.

257. 34., 35., 36. und 37. Verſuch. — Bei dem 34. Verſuch wurde die Röhre durch zwei weitere Platten verſtärkt, deren jede 0m165 bei 0m002 hatte; die Röhre wog alſo 5000Kil., und ſie drehte ſich bei der Belaſtung mit 43987Kil. in Folge eines Fehlers ihrer Seiten, was beſonders zu bemerken war gegen die Enden, die auf den Stützpunkten ruhten. Hätte man ſich eines gußeiſernen Gerüſtes bedient, was ſpäter geſchah, ſo hätte der Verſuch wahrſcheinlich länger fortgeſetzt werden können.

Nach dieſem Verſuch wurde die Röhre ausgebeſſert und dadurch verſtärkt, daß man noch weitere innen feſtgenietete vertikale Winkeleiſen in einer Entfernung von 0m61 voneinander und einen Rahmen in Geſtalt eines Andreaskreuzes an den Enden anwandte.

Die an der ſolchergeſtalt modificirten Röhre angeſtell-

Digitized by Google

ten Versuche führten bei der Belastung $2P = 57135^{Kil.}$ den Riß der Bodenplatten nahe an dem Aufhängepunkt der Gewichte herbei, ohne daß die Decke merklich nachgab. Die Prüfung dieser Decke ließ erkennen, daß die Deckplatten der Zellen durch gegenseitiges Ueberdecken verbunden und vernietet waren, anstatt zusammenzustoßen und mit besonderen Deckplatten versehen zu sein, und daß folglich einige Nieten zwischen beiden Blechen wie in einer Scheere eingeklemmt und gerissen waren.

Die Röhre wurde von neuem reparirt und am Boden durch zwei Platten von 6^m10 Länge verstärkt, so daß bei diesem 36. Versuch der Querschnitt 17,8 Zoll $= 0^m01148$ erreichte; unter der Belastung von $67102^{Kil.}$ brach die Röhre durch Einreißen der flachen Bodenplatten. Auch die Seiten waren beschädigt und bogen sich. Als man den Bruch der den Boden verstärkenden Bandbleche untersuchte, zeigte sich, daß diese sehr fehlerhaft waren und aus schlechtem Eisen bestanden.

Der Boden wurde von neuem verstärkt und die Querschnittsfläche erreichte 22,45 Zoll $= 0^m014480$. Bei dem 37. Versuch trug diese Röhre 18 Stunden lang eine Last von $58440^{Kil.}$, und ihr Krümmungspfeil stieg während dieser Zeit von 0^m0815 auf 0^m0850 oder $3^{mil.}5$. Ferner trug sie neun Täge und neun Nächte hindurch eine Last von $61400^{Kil.}$, und ihre Biegung stieg nur von 0^m0802 auf 0^m0818 oder $1^{mil.}6$. Bei einem dritten Versuch brach sie erst unter einer Belastung von $70000^{Kil.}$, indem das Ende der am Boden hinzugefügten Platten abriß, woraus hervorgeht, daß dieser verstärkte Boden und die Decke stark genug waren, um noch größere Lasten tragen zu können.

Bei allen diesen aufeinander folgenden Versuchen wurden die Biegungen fortwährend sorgfältig beobachtet. Durch eine graphische Darstellung dieser Resultate im großen Maßstabe, wobei man die Belastungen als Abscissen und die beoachteten Biegungen als Ordinaten annahm, hat sich die Belastung herausgestellt, bei welcher in jedem Versuche die Biegungen den Belastungen proporzional zu sein aufhörten. Bei dem 34. Versuche zeigte es sich, daß diese Grenze erst bei der sehr beträchtlichen Belastung von ungefähr $37000^{Kil.}$ eintritt. Deutlicher zeigten sich die Abweichungen bei dem 35. Versuch, obschon sich die Proporzionalität noch bei Belastungen herausstellte, die der Bruchbelastung sehr nahe lagen. Bei dem 36. Versuch hörte die Proporzionalität erst bei ungefähr $45000^{Kil.}$ auf, und die Zahlen, welche im folgenden Paragraph den Bruch der Röhre bestimmen, zeigen, daß sich die Proporzionalität der Biegungen zu den Belastungen bis zu $60000^{Kil.}$ annehmen läßt, d. h. weit über die Grenzen hinaus, innerhalb der unsere theoretischen Folgerungen liegen.

258. Bruchversuch. — Nachdem die Röhre von neuem mit Beibehaltung derselben Durchschnittsflächen reparirt worden war, stellten sich aus den Beobachtungen folgende Resultate heraus:

2 P	f	2 P	f
Kil.	m.	Kil.	m.
9063	0,0128	71451	0,0963
16207	0,0192	73334	0,0986
22142	0,0305	74628	0,1017
28210	0,0376	75929	0,1041
35123	0,0453	77528	0,1075
41811	0,0540	78782	0,1100
46818	0,0608	80221	0,1140
51941	0,0686	81548	0,1155
59891	0,0775	83252	0,1175
62541	0,0820	84477	0,1200
65115	0,0865	85694	0,1221
67245	0,0911	87690	
69221	0,0940		

Diese Röhre brach unter der Belastung von $87690^{Kil.}$ durch Kompression der Decke.

Dadurch, daß man den Flächenraum des Querschnittes des Bodens allmählig vergrößert hatte, kam dieser dem der Decke beinahe gleich; der erstere hatte nämlich 145 □Centim. und die Decke 155 □Centim. Fläche.

Berechnet man, wie oben, mit Hilfe der für die geringsten Lasten beobachteten Biegungen den Werth des Elasticitätskoefficienten, so findet man

Belastungen in Kil. $2P + {}^5/_8\, 2pC$	Elasticitätskoefficient E
Kil.	Kil.
19897	17977000000
25832	15154000000
31000	15179000000
38813	18389000000
45501	16732000000
50508	16077000000

Digitized by Google

Mit Hilfe der Durchschnittszahl 16600000000, welche alle Beobachtungsresultate bis zu einer Biegung von $^1/_{378}$ der Tragweite in sich begreift, lassen sich die den Blechröhren zu gebenden Dimensionen bestimmen.

259. Versuch an der ersten Röhre der Conwaybrücke. — Nach den ersten vorläufigen Versuchen, die den Ingenieuren gezeigt hatten, welche Dimensionen und Verhältnisse die verschiedenen Theile der Röhre haben müssen, beschloß man nach Vollendung der ersten Röhre der Conwaybrücke sie selbst einem riesenhaften Versuch zu unterziehen Man baute Pfeiler, welche diese Röhre mit einer Tragweite von 122 Met. tragen sollten, und belastete sie nach und nach mit Gewichten, indem man die Biegungen maß.

Die Daten dieser Versuche sind folgende:

Länge der Röhre 125^m66; Tragweite $2C = 122^m$,
Höhe in der Mitte $b = 7^m78$; Breite $a = 4^m58$,
Flächenraum des Durchschnitts der Decke $A = 0^{\square m}43215$, $e = 0^m535 = e'$,
" " " des Bodens $A' = 0^{\square m}33346$,
" " " der Seiten $A'' = 0^{\square m}16529$,
$A + A' + A'' = 0^{\square m}93190$.

Mittlere Dicke der Seiten $e_1 = \frac{0^m0247}{2}$ mit Inbegriff der vertikalen Winkeleisen.

Gewicht der Röhre mit Inbegriff der Schienen und der gußeisernen Rahmen der Enden 2, $pC = 1320800^{Kil.}$

Die folgende Tabelle enthält die Resultate der Versuche.

Belastung $2p'C'$	Länge, auf der $2C'$ vertheilt war	Versuchsbelastung pro Längenmeter	Biegungen f	Verhältniß der Biegungen zu den Tragweiten $\frac{f}{2C}$	E
Kil.	m.	Kil.	m.		Kil.
0,000			0,202	$^1/_{604}$	13663000000
96,467	21,40	4508	0,230	$^1/_{530}$	12978000000
156,410	32,15	4865	0,242	$^1/_{504}$	13307000000
204,140	45,80	4455	0,266	$^1/_{459}$	12791000000
305,710	58,00	5271	0,279	$^1/_{438}$	10371000000
				Durchschnitt	13185000000

Das Eigengewicht der Röhre von $1320800^{Kil.}$ erzeugte eine Biegung von 0^m202, und nachdem man die Last von $96487^{Kil.}$ vier Stunden hindurch in der Röhre gelassen hatte, stieg die Biegung, welche zuerst 0^m230 betragen hatte, auf 0^m236, also um 0^m006. Nach weiteren 17 Stunden stieg die Biegung unter der nämlichen Belastung um 0^m0025.

Aus den Dimensionen dieser Röhre leitet man für die Entfernung des Schwerpunktes ab

$$x = \frac{A\frac{e}{2} + A'\left(b - \frac{e}{2}\right) + A''.\frac{b}{2}}{A + A' + A''} = 3^m506.$$

Da folglich der Schwerpunkt $7^m780 - 3^m506 = 4^m274$ vom Boden entfernt liegt, so muß hier v' gleich sein 4^m274.

Aus $A = 0^{\square m}43215$, $A' = 0^{\square m}33346$, so wie nach den anderen bekannten Werthen findet man bei der großen Höhe der Röhre den sehr nahe kommenden Werth ihres Trägheitsmomentes

$$J = 0{,}43215 \times \overline{3{,}2385}^2 + 0{,}33346 \times \overline{4{,}0065}^2 + {}^1/_3\, 0{,}0247\,(\overline{2{,}971}^3 + \overline{3{,}739}^3) = 10{,}6369.$$

Man bemerkt, daß der letzte Ausdruck, der sich auf die Seiten bezieht, nur zum Werthe hat

$$^1/_3\, 0{,}0247\,(\overline{2{,}971}^3 + \overline{3{,}739}^3) = 0{,}646$$

oder $^1/_{60}$ des Totalwerthes, und folglich unberücksichtigt gelassen werden kann, wodurch die Rechnungen wesentlich erleichtert werden.

Bei diesem Versuche war es nicht möglich die

Digitized by Google

ganze Belastung von der Mitte tragen zu lassen, sondern man war genöthigt, sie in einer solchen bedeutenden Ausdehnung zu vertheilen, daß man diese bei den Berechnungen berücksichtigen muß.

Nennen wir also $2C'$ die Länge, auf welcher die Last im Verhältniß von $p^{Kil.}$ pro laufenden Meter gleichmäßig vertheilt war, und betrachten wir irgend einen Durchschnitt ik (Fig. 44) des gleichmäßig belasteten Theils. Bezieht man sich auf die in den §§. 178 und 202 angestellten Betrachtungen, so sieht man zuerst, daß das Moment des auf eine der Stützen ausgeübten Druckes Q im Verhältniß zu diesem Durchschnitt QX ist, ferner daß bei dem Umstande, daß die Belastuug auf ein in der Entfernung Y von dem Durchschnitt ik liegendes Längenelement $y = x$ zum Werthe hat $p'y$, ihr Moment $p'Yy$ ist, und daß die Summe der ähnlichen Momente, gleich $\frac{1}{2}p'Y^2$, von dem Werthe $Y = C$ bis zu $Y = X - (C - C')$ genommen werden muß, was für die Summe aller Elementarmomente der gleichmäßig vertheilten Belastung gibt

$$\frac{1}{2}p'[X - (C - C')]^2.$$

Das Gleichgewichtsverhältniß zwischen den äußeren Kräften und den molekulären Widerständen gegen Extension und Kompression ist also (§. 178)

$$\frac{EJ}{r} = QX - \frac{1}{2}p'[X - (C - C')]^2.$$

Berücksichtigt man ferner, daß der Druck auf die Stütze B, welcher von der Belastung $2p'C'$ ausgeübt wird, für den Theil ik und diese Stütze gleich ist

$$Q = p'C',$$

so erhält man

$$\frac{EJ}{r} = p'C'X' - \frac{1}{2}p'[X - (C - C')]^2.$$

Dies gibt zuerst für das Gleichgewichtsverhältniß

$$\frac{EJ}{r} = p'C'X - \frac{1}{2}p'X^2 + p'(C - C')X$$

$$- \frac{1}{2}p'(C - C')^2 = p'CX - \frac{1}{2}p'X^2 - \frac{1}{2}p'(C - C')^2.$$

Der Krümmungspfeil eines Elements hat folglich zum Werth (§. 200)

$$ab' = \frac{Sx}{r} = \frac{p'CX^2x - \frac{1}{2}p'X^3x - \frac{1}{2}p'(C - C')^2Xx}{EJ}.$$

Setzt man $S = X$, indem S die Länge der neutralen Achse ist, so ist die Summe aller solcher Elementarbiegungen oder die Totalbiegung

$$f = \frac{\frac{1}{3}p'cX^3\frac{1}{3}p'X^4 - \frac{1}{4}p'(C - C')^2X^2}{EJ};$$

und für die Biegung in der halben Länge, die dem Ausdruck $X = C$ entspricht, erhält man

$$f = \frac{1}{3}\frac{C^3}{EJ}\frac{5}{8}p'C - \frac{1}{4}\frac{p'(C - C')^2C^2}{EJ}.$$

Diese Formel reducirt sich übrigens auf

$$f = \frac{1}{3}\frac{C^3}{EJ}\frac{5}{8}p'C$$

für den Fall, wo $C = C'$ ist, wie man dies erwarten mußte, und wenn man das Eigengewicht des festen Körpers berücksichtigt, welches $2pC = 1320800^{Kil.}$ beträgt (wo man mit p das Gewicht pro laufenden Meter bezeichnet), so erzeugt dieses Gewicht eine Biegung, die sich ausdrücken läßt durch

$$f = \frac{1}{3}\frac{C^3}{EJ}\frac{5}{8}pC;$$

so daß die Totalbiegung ist

$$f = \frac{\frac{5}{24}C^3[pC + p'C] - \frac{1}{4}p'(C - C')^2C^2}{EJ}.$$

Hieraus erhält man den Werth des Elasticitätskoefficienten

$$E = \frac{\frac{5}{24}C^3[pC + p'C] - \frac{1}{4}p'(C - C')^2C^2}{fJ}.$$

Auf diese Weise hat man die in der vorstehenden Tabelle verzeichneten Werthe des Elasticitätskoefficienten berechnet.

Man sieht, daß die vier ersten Werthe, deren letzterer über dem gewöhnlich angenommenen Verhältniß steht und einer Biegung von $\frac{1}{439}$ der Tragweite entspricht, deutlich konstant sind und für den Elasticitätskoefficienten eine geringere Größe ergeben als die, welche in anderen Fällen gefunden wurde, die sich aber derjenigen bedeutend nähert, welche sich aus den §. 249 besprochenen Versuchen Fairbairn's an Eisenstangen mit doppelter ⊤ Form ergab.

260. **Bestimmung der größten Verlängerung, welche die Fibern bei diesem Versuche erleiden.** — Vergegenwärtigt man sich die Betrachtungen des § 134, durch welche man den Werth der größten proporzionalen Längenveränderung der Fibern erhält, so erinnert man sich der Formel

$$i = \frac{(Pp + Qq + \text{ꝛc.})v'}{EJ}.$$

In dem vorliegenden Falle handelt es sich um zwei gleichmäßig vertheilte Belastungen: die eine $2pC = 1320800^{Kil.}$ ist das Eigengewicht des festen Körpers, die andere $2p'C'$ ist das Gewicht der Belastung.

Vergleicht man nach den im Vorstehenden auseinander gesetzten Begriffen die Momente mit dem Durchschnitt der Mitte, so hat man für die Belastungsmo-

Digitized by Google

mente, welche dem Gewicht des feſten Körpers entſprechen, $\frac{1}{2} p C^2$, und für diejenigen, welche der auf die Länge $2C'$ vertheilten Belaſtungen entſprechen, $\frac{1}{2} p' C'^2$.

Die Summe der Momente der Kräfte, welche von oben nach unten wirken, iſt alſo

$$\frac{1}{2} p C^2 + \frac{1}{2} p' C'^2;$$

der Druck auf die Stützen, welcher von unten nach oben wirkt, iſt

$$p C + p' C',$$

und hat zum Moment

$$p C^2 + p' C C'.$$

Die algebraiſche Summe der Momente der Kräfte iſt mithin

$$M = p C^2 + p' C C' - \frac{1}{2} p C^2 - \frac{1}{2} p' C'^2 = \frac{1}{2} p C^2 + p' C C' - \frac{1}{2} p' C'^2,$$

und folglich hat man

$$i = \frac{(\frac{1}{2} p C^2 + p' C C' - \frac{1}{2} p' C'^2) v'}{E J}.$$

Bei der Röhre von Conway hat man (§. 259)

$$v' = 4^m274, \quad J = 10{,}6369;$$

aus Fairbairn's Verſuchen hat ſich die Durchſchnittszahl ergeben

$$E = 13185000000^{Kil.};$$

es handelt ſich alſo nur darum in die obige Formel die verſchiedenen Werthe, welche der Zähler denjenigen der Belaſtungen $2 p' C'$ gemäß erhält, zu ſubſtituiren und zu vertheilen.

Wir wollen dies hier auf zwei Fälle anwenden: einmal, wo der feſte Körper nur ſeinem Eigengewicht unterworfen iſt und wo folglich $p' = 0$, und das andere Mal auf die Belaſtung $2 p' C' = 204140^{Kil.}$, die größte von allen denjenigen Belaſtungen, unter deren Einwirkung die Biegungen den Belaſtungen proporzional geblieben ſind.

Im erſten Falle erhalten wir

$$i = \frac{\frac{1}{2} p C^2 . v'}{E J} = \frac{660400 \times 30^m5 \times 4^m274}{13185000000 \times 10{,}6367} = 0^m000614;$$

im zweiten Falle, wo $p' C' = 102070^{Kil.}$ und $C' = 22^m90$ iſt, erhalten wir

$$i = \frac{(660400 \times 30{,}5 + 102070 \times 61 - 51035 \times 22{,}90) 4^m274}{13185000000 \times 10{,}6369} = 0^m000780.$$

Bezieht man ſich auf §. 134, ſo ſieht man, daß dieſe letzte proporzionale Verlängerung die Grenze $i = 0^m0008$ nicht erreicht hat; dieſe Grenze $i = 0008$ gilt für das weiche Eiſen, zu welchem das verwendete Eiſenblech offenbar zu rechnen iſt, weil es für den Elaſticitätskoefficienten nur einen viel geringeren Werth ergeben hat als derjenige beträgt, welchen das Stabeiſen und das gewöhnliche geſtreckte weiche Eiſen ergibt.

261. Anwendung des Geſetzes, welches die Biegungen mit den Tragweiten und dieſe mit den Höhendimenſionen der feſten Körper verbindet. — Vergegenwärtigt man ſich die Betrachtungen aus §. 221 und wendet man die Formel $\frac{f}{2C} = \frac{1}{6} \frac{R}{E} \frac{C}{v'}$ auf die Conwayröhre an, bei welcher $C = 61^m00$, $v' = 4^m274$, $R = 6000000$, $E = 13185000000$ iſt, ſo findet man für das Verhältniß der Biegungen zu den Tragweiten

$$\frac{f}{2C} = \frac{1000000}{13185000000} \cdot \frac{61}{4{,}274} = \frac{1}{922}.$$

Nähme man dergeſtalt den Werth von R zu $6000000^{Kil.}$ an, ſo würde ſich für den feſten Körper als Grenze der Biegungen, welche ſeine Elaſticität nicht verändern, $\frac{1}{922}$ ergeben, während er in der That durch ſein Eigengewicht allein $\frac{1}{600}$ ohne Gefahr ertragen hat. Bringt man alſo dieſen Werth des Widerſtandskoefficienten in die Formel, ſo ſieht man, daß hierbei für alle analogen Konſtrukzionen vollkommene Sicherheit geboten iſt.

262. Berechnungsmethode einiger Ingenieure. — Die große Höhe der Röhre und die geringe Dicke der zellenförmigen Decke und des Bodens ſo wie der ziemlich geringe Einfluß der vertikalen Wände auf die Total-Widerſtandsfähigkeit können bis zu einem gewiſſen Punkte die von einigen engliſchen Ingenieuren eingeſchlagene Berechnungsmethode rechtfertigen.

Nimmt man an, daß in Folge der relativ geringen Dicke des Bodens und der Decke der Röhre alle Fibern der letzteren gleicherweiſe komprimirt und alle diejenigen des Bodens extendirt werden, ſo brauchen wir nur zu bemerken, daß die Summe der Momente der Widerſtände gegen die Kompreſſion und gegen die Extenſion im Verhältniß zur neutralen Achſe gleich iſt dem Moment der äußeren Kraft; oder noch einfacher ausgedrückt, das Moment des Widerſtandes der Decke im Verhältniß zur Mittellinie des Bodens iſt gleich dem Moment der Belaſtung im Verhältniß zur nämlichen Linie.

Bezeichnen wir mit

Digitized by Google

A den Flächenraum des Durchschnitts der der Kompression unterworfenen Decke,

R den Widerstand gegen die Kompression pro Flächeneinheit,

b die mittlere Höhe der Röhre, von der Mitte der Decke bis zur Mitte des Bodens gemessen,

$\frac{b}{n}$ die Entfernung der Mittellinie der Decke von der neutralen Achse,

A' den Flächenraum des Durchschnitts des der Extension unterliegenden Bodens,

R' den Widerstand gegen die Extension auf die Flächeneinheit, so ist $b - \frac{b}{n} = b.\frac{n-1}{n}$ der Abstand der Mittellinie des Bodens von der neutralen Achse.

Man sieht leicht, daß die Momente der beiden Widerstände gegen die Kompression und gegen die Extension im Verhältniß zur neutralen Achse resp.

für die Kompression $AR.\frac{b}{n}$,

für die Extension $A'R'b\,\frac{n-1}{n}$ betragen.

Da die Summe dieser beiden Momente gleich sein muß dem Moment der Hälfte der Belastung, dessen Hebelarm die Hälfte der ganzen Tragweite ist, so hat man, wenn man mit 2P die auf die halbe Länge des festen Körpers drückende Last, und mit 2C die ganze Tragweite bezeichnet,

$$PC = AR\frac{b}{n} + A'R'b.\frac{n-1}{n}.$$

Soll die Röhre an der Decke nicht stärker angegriffen werden als am Boden, so muß $AR = A'R'$ sein; die vorige Formel heißt also

$$PC = ARb\left(\frac{1}{n} + \frac{n-1}{n}\right) = ARb = A'R'b.$$

Diese Formel ist dieselbe, welche man erhält, wenn man eine abwechselnde Rotazion um die Decke und den Boden annimmt; und dies ist die von Clark angegebene Berechnungsmethode.

Nähme man statt des auf die Mitte drückenden Gewichts 2P eine gleichmäßig vertheilte Last 2pC an, so müßte man, wie bekannt, P durch $\frac{pC}{2}$ ersetzen, und man hätte alsdann

$$\tfrac{1}{2}\,pC^2 = ARb = A'R'b.$$

263. Werthe der Konstanten R und R'. — In dieser Formel sind R und R' die Werthe der direkten Belastungen, die entweder durch Kompression oder Extension den Bruch hervorbringen würden, und die Größe dieser Werthe für jedes Material bestimmt ihre Wahl je nach der Lage, die sie einnehmen sollen. Die englischen Ingenieure haben nach verschiedenen Versuchen angenommen, die Widerstandsfähigkeit des Röhrenbleches gegen den Bruch durch Extension betrage 18,6 Tonnen auf den □Zoll oder $28^{Kil.}68$ auf den □Millim., und also

$$R = 28680000^{Kil.} \text{ auf den } \square^m,$$

und seine Widerstandsfähigkeit gegen den Bruch durch Kompression betrage nur 14,8 Tonnen auf den □Zoll oder $23^{Kil.}29$ auf den □Millim., und also

$$R' = 23290000^{Kil.} \text{ auf den } \square^m;$$

$$\text{mithin } \frac{R}{R'} = \frac{14{,}8}{18{,}6} = \frac{4}{5}\ ^*)$$

264. Bemerkung über die Anwendung des Gußeisens. — Da der Widerstand des Gußeisens 75 bis $80^{Kil.}$ pro □Millim. für die Kompression, und nur 10 bis $11^{Kil.}$ für die Extension beträgt, so haben einige Ingenieure, nur vom Gesichtspunkt des Bruches ausgehend, daraus geschlossen, man solle für die Decke von Röhrenbrücken Gußeisen und für den Boden Eisenblech anwenden. Vergegenwärtigt man sich aber die komparativen Versuche über die Kompression des Guß- und Schmiedeisens (§. 96), so sieht man leicht, daß, da innerhalb der Grenzen, wo die Elasticität nicht verändert ist, das Schmiedeisen weniger kompressible ist als das Gußeisen, und die Biegungen so weit als möglich beschränkt werden müssen, im Gegentheil das Schmiedeisen dem Gußeisen vorzuziehen ist, was auch Fairbairn bei der Konstrukzion seiner Röhren gethan hat.

265. Anwendung der Daten des §. 263 auf die Röhre der Conwaybrücke. — Wendet man die Formel $\frac{pC}{2} = \frac{ARb}{C} = \frac{A'R'b}{C}$ auf die Röhre der Conway-Brücke an, wo $p = 13841^{Kil.}$, $C = 61^m$, $b = 7^m78$ und folglich $A = 0\square^m43215$ und $A' = 0\square^m33346$, so findet man als praktischen Widerstandskoefficienten des Eisenblechs gegen Kompression

$$R = \frac{pC^2}{2Ab} = \frac{13841 \times 61^2}{2 \times 0{,}43215 \times 7{,}78} = 7423800^{Kil.},$$

*) Hodgkinson selbst sagt (Enquête p. 178), daß über 15 Tonnen pro □Zoll oder $23^{Kil.}61$ pro □Millim. bei der Extension, und über 12 Tonnen pro □Zoll oder $18^{Kil.}68$ pro □Millim. bei der Kompression die Zähigkeit des Eisens verändert wird; dies gibt das Verhältniß $\frac{R}{R'} = \frac{12}{15} = \frac{4}{5}$.

Digitized by Google

oder ungefähr das Drittel des Bruchkoeffizienten, der nach Annahme der englischen Ingenieure 23290000$^{Kil.}$ beträgt (§. 263.).

Als praktischer Widerstandskoefficient des Eisenblechs gegen Extension ergibt sich

$$R' = \frac{p C^2}{2 A' b} = \frac{13841 \times \overline{61}^2}{2 \times 0{,}33346 \times 7{,}78} = 9617600^{Kil.}$$

Diese Werthe sind weit höher als der, $R = 6000000^{Kil.}$, den wir angenommen haben.

Aus dieser Vergleichung und aus der vollkommenen Sicherheit, welche die Röhrenbrücke von Conway und die über die Meerenge von Menay darzubieten scheinen, glauben wir wieder einen neuen Beweis ziehen zu können, mit welcher Sicherheit man sich bei allen Konstrukzionen auf den von uns bisher angenommenen Werth $R = 6000000^{Kil.}$ verlassen kann. Man darf in der That nicht vergessen, daß die Betrachtungen über den Bruch und die daraus abgeleiteten Folgerungen bei weitem nicht dieselbe Genauigkeit, dieselbe Uebereinstimmung mit der Erfahrung und folglich dieselbe Sicherheit darbieten wie diejenigen, welche auf die Kompressionen, die Extensionen und die innerhalb der Grenzen der unveränderten Elastieität liegenden Biegungen basirt sind. Innerhalb dieser Grenzen aber ist der Werth der Widerstandsfähigkeit des Schmiedeisens, oder was dasselbe ist, seines Elasticitätskoeffizienten E, abgesehen von unbedeutenden Differenzen, für die Kompression wie für die Extension beinahe derselbe, und im Allgemeinen darf man, um innerhalb dieser Grenzen zu bleiben, der konstanten Größe R keinen höheren Werth geben als $6^{Kil.}$ pro □Millim. oder $600000^{Kil.}$ pro □Meter.

Aus den Berechnungen der englischen Ingenieure scheint hervorzugehen, daß der Werth von R nicht über $7^{Kil.}87$ für die Extension und nicht über $3^{Kil.}90$ für die Kompression betragen soll; der Durchschnitt dieser Zahlen, $5^{Kil.}88$, entfernt sich nur wenig von dem unsrigen; bei der Konstrukzion der Röhrenbrücken hat man aber gesehen, daß sie von diesen Grenzen bedeutend abgewichen sind.

266. Belastung, welche die englischen Ingenieure bei der Berechnung der Eisenbahnbrücken annehmen. — Die englischen Ingenieure scheinen bei ihren Berechnungen von Eisenbahnbrücken anzunehmen, daß das Gewicht eines Trains eine Tonne auf den Längenfuß betrage, was $3330^{Kil.}$ pro Meter entspricht; diese Zahl scheint uns aber besonders bei Röhrenbrücken mit einem Geleise, welche also gewiß nie mehr als einen Zug aufnehmen, viel zu hoch. Die Röhre über den Conway wog $1320800^{Kil.}$, und diese waren auf eine Totallänge von $125^{m}66$ vertheilt; mithin kamen $10511^{Kil.}$ auf den Meter. Mithin wäre im Augenblick eines vorüberfahrenden Zuges die Belastung, welche aus den beiden Elementen, nämlich $10511^{Kil.}$ pro Meter für das Eigengewicht der Röhre und $3330^{Kil.}$ für das Gewicht des Zuges besteht, auf $p = 13841^{Kil.}$ zu schätzen. Diese Zahl ist aber sehr übertrieben, denn eine Lokomotive von den größten Dimensionen wiegt nur $24000^{Kil.}$ und hat ungefähr 10 Met. Länge; folglich kommen nur $2400^{Kil.}$ auf den Längenmeter, selbst wenn man annimmt, daß der Zug durchaus aus Lokomotiven zusammengesetzt sei. Auf den ersten französischen Eisenbahnen wogen die leeren Waggons kaum mehr als $3000^{Kil.}$; da sie aber an Größe wie an Festigkeit nach und nach zugenommen haben, so hat ihr Gewicht auf der Bahn von Paris nach Lyon in den letzten Zeiten folgende Werthe erreicht:

Bezeichnung der Waggons	Gewicht				
	des leeren Waggons	der Passagiere		Totalgewicht	pro Meter der Bahn
Personenwagen von $8^{m}11$ Länge zwischen den Stoßkissen.					
	Kil.		Kil. Kil.	Kil.	Kil.
Erste Klasse	7420	28 Passagiere zu	70 = 1960	9380	1148
Zweite Klasse	7170	40 „ „	70 = 2800	9970	1229
Dritte Klasse	7450	50 „ „	70 = 3500	10950	1350
Lastwagen von $5^{m}50$ Länge zwischen den Stoßkissen.					
Geschlossene Waggons	4000	Waaren	5000	9000	1636
Lastwagen, geschlossen	4200		5000	9200	1674
Offene unbedeckte Kastenwaggons . .	3700		5000	8700	1582
Flache Waggons	3000		5000	8000	1418
Blockwägen (sog. Maringottes oder Trucks) von $7^{m}00$ Länge.					
Blockwägen	3300	Waaren	5000	8300	1185

Digitized by Google

Hieraus geht hervor, daß die größte Belaſtung pro laufenden Meter bei den Laſtwagen nur 1674$^{Kil.}$ beträgt. Jedenfalls haben bei den oben im §. 256 und 258 mitgetheilten Verſuchen die von der Röhre pro laufenden Meter getragenen Belaſtungen die von 3330$^{Kil.}$ bei weitem überſchritten, indem ſie bei dem letzten Verſuch auf 5271$^{Kil.}$ pro Meter oder auf eine Totalbelaſtung von 305710$^{Kil.}$ ſtiegen; dies entſpricht einem Zug von beinahe 30 Laſtwagen, von denen jeder 9200$^{Kil.}$ wiegt und wo die Lokomotive mit ihrem Tender zu 30000$^{Kil.}$ gerechnet iſt; ein Zug, deſſen Waggons allein 165 Meter Länge mehr einnehmen als die Röhre beträgt.

Dieſes übermäßige Gewicht war überdies auf eine viel geringere Länge vertheilt als diejenige betragen würde, welche ein Zug von demſelben Gewichte einnähme, und die Röhre mußte bei der Probe weit mehr tragen als es je während des Betriebes der Fall iſt.

267. *Einzuſchlagender Weg zur Berechnung der feſten Körper, die von der Art der Röhrenbrücken ſind.* — Bei Röhrenbrücken und anderen ähnlichen Konſtrukzionen unterliegt die Beſtimmung der Dimenſionen, welche die ſchmiedeiſernen Balken oder Stützen haben müſſen, einer Schwierigkeit, die darin ihren Grund hat, daß das Eigengewicht dieſer Körper, welches im Allgemeinen größer iſt als das der Belaſtungen, welche ſie zu gewiſſen Zeiten tragen müſſen, einen großen Einfluß ausübt. Dieſe Schwierigkeit läßt ſich heben und zugleich kann man zuerſt annäherungsweiſe die Ausdehnung beſtimmen, welche die Widerſtand entwickelnden Flächen des Querprofils haben müſſen, und zwar auf folgende Weiſe. Da die vertikalen Wände als Bindemittel zwiſchen dem oberen und unteren Theil viel wichtiger ſind denn als Widerſtandselemente des feſten Körpers, ſo abſtrahirt man zuerſt von ihnen und wendet das approximative Verhältniß aus §. 262 an, wo die Hypotheſe aufgeſtellt wurde, daß die Höhe des feſten Körpers im Verhältniß zur Dicke des Bodens und der Decke groß genug iſt, um alle Faſern der Decke als komprimirt und alle diejenigen des Bodens als verlängert betrachten zu können; das Moment der halben Belaſtung im Verhältniß zu dem Durchſchnitt der Mitte iſt alſo gleich dem Moment des Widerſtandes jedes dieſer Theile im Verhältniß zueinander.

Nehmen wir ferner an, wie dies aus den obigen Betrachtungen hervorzugehen ſcheint, daß in Bezug auf die erſten Längenvariazionen und die ſchwachen Biegungen, die einzigen, die geſtattet werden können, die rückwirkende Feſtigkeit des Schmiedeiſens dieſelbe iſt wie ſeine abſolute Feſtigkeit, und ſetzen wir $R = 6000000^{Kil.}$, ſo iſt die Rechnung leicht. Die Summe der Momente des Eigengewichts des feſten Körpers iſt, wie bekannt, $\frac{1}{2} p C^2$; die Summe der Momente der Belaſtung durch den Zug iſt $\frac{1}{2} p' C^2$, wenn wir annehmen, daß der Zug die ganze Länge der Brücke einnimmt; das Moment der rückwirkenden Feſtigkeit der Decke im Verhältniß zum Boden iſt $R A b$, indem wir mit b die Entfernung der Mittellinien des Bodens und der Decke bezeichnen. Es iſt alſo

$$\frac{1}{2} p C^2 + \frac{1}{2} p' C^2 = R A b.$$

Nun läßt ſich aber das Gewicht des feſten Körpers, deſſen Decke und Boden denſelben Durchſchnitt haben müſſen, weil man annimmt, daß $R = R'$ und folglich $A = A'$, mit Nichtberückſichtigung der vertikalen Wände ausdrücken durch

$$2 p C = 2 . d . A . 2 C,$$

indem wir mit $d = 7783^{Kil.}$ das Gewicht des Kubikmeters Schmiedeiſen bezeichnen. Es iſt alſo

$$\frac{1}{2} p C^2 = d A C^2;$$

folglich lautet der obige Ausdruck

$$d A C^2 + \frac{1}{2} p' C^2 = R a b$$

oder

$$A \left(\frac{R b}{C} - d C \right) = \frac{1}{2} p' C;$$

woraus

$$A = \frac{p' C}{2 \left(\frac{R b}{C} - d C \right)}.$$

Iſt alſo die Tragweite $2 C$ bekannt und iſt die Höhe des feſten Körpers und die Dicke des Bodens und der Decke, ſo wie das Gewicht $2 p' C$ des Zugs oder die auf der ganzen Länge gleichmäßig vertheilte Belaſtung a priori beſtimmt, ſo hat man einen erſten Werth für den Flächenraum des Querdurchſchnitts, den der Boden und die Decke erhalten müſſen.

Wendet man z. B. dieſe Formel auf die Conwaybrücke an und ſetzt voraus, die äußere Belaſtung pro laufenden Meter ſei $p' = 3330^{Kil.}$, $b = 7^{m}78 - 0^{m}535 = 7^{m}245$, $C = 61^{m}$, $d = 7783^{Kil.}$, ſo findet man für die Decke

$$A = \frac{3330 \times 61}{2 \left(6000000 \frac{7,245}{61} - 7783 \times 61 \right)} = 0 \square^{m} 427.$$

Digitized by Google

Nähme man denselben Flächenraum auch für den Boden an, so ergäbe sich ein Totalflächenraum

$$A + A' = 0\square^m 854,$$

während bei der Conwaybrücke $A = 0\square^m 43215$, $A' = 0\square^m 33346$ und folglich

$$A + A' = 0\square^m 76561.$$

Hieraus erhellt, daß sich bei der Voraussetzung einer gleichen Widerstandsfähigkeit des Bodens und der Decke und bei dem Werth $R = R' = 6000000^{Kil.}$ etwas stärkere Dimensionen ergeben als die von Stephenson angenommenen. Man darf aber nicht vergessen, daß die Belastung von $3330^{Kil.}$ pro laufenden Meter zu hoch ist, selbst wenn wir die Schienen und ihre Schwellen dazu rechnen.

Basirt man nach unserer Ansicht die Rechnung auf einen Zug von Lokomotiven, die je $3000^{Kil.}$ wiegen und je 10 Met. Länge der Bahn einnehmen, was für $p' 3000^{Kil.}$ pro Meter ergibt, so nähert man sich der stärksten zufälligen Belastung weit mehr. Man erhält alsdann $A = 0\square^m 384$ und folglich

$$A + A' = 0\square^m 768,$$

was beinahe genau die für die Conwaybrücke angenommene Proporzion ist.

268. Dieselbe Berechnung mit der Voraussetzung, daß die Widerstände R und R' ungleich seien. — Dieselbe approximative Berechnungsmethode ließe sich auch für die von den englischen Ingenieuren angenommene Hypothese, daß die Widerstände R und R' gegen die Kompression und gegen die Extension ungleich sind, anwenden. In diesem Falle würde das Gewicht $2pC$ der Röhre ausgedrückt durch

$$2pC = d(A + A')2C = dA\,2C\left(\frac{R+R'}{R'}\right)$$

wegen des gleichen Widerstandsverhältnisses der Decke und des Bodens $RA = R'A'$; hieraus folgt

$$\tfrac{1}{2}pC^2 = \frac{dAC^2}{2} \cdot \frac{R+R'}{R'}.$$

Bei der Ungleichheit der Momente der äußeren Kräfte und der Widerstandsfähigkeiten der Röhre wäre also

$$\frac{dAC^2}{2} \cdot \frac{R+R'}{R'} + \tfrac{1}{2}p'C^2 = RAb;$$

folglich $A\left(\frac{Rb}{C} - \frac{dC}{2} \cdot \frac{R+R'}{R'}\right) = \tfrac{1}{2}p'C$

und $$A = \frac{p'C}{2\left(\frac{Rb}{C} - \frac{dC}{2} \cdot \frac{R+R'}{R'}\right)}.$$

Nähme man mit Hodgkinson an, R verhalte sich zu R' wie $^6/_7$, was fast ganz das bei der Konstrukzion der Röhren angenommene Verhältniß ist, so wäre (wenn $p' = 3330^{Kil.}$, $R' = 8000000$, $R = 6400000$)

$$A = \frac{3330 \times 61}{2(6400000 \times \frac{7,245}{61} - \frac{7783 \times 61}{2} \cdot \frac{14,4}{6,4}} = 0\square^m 449.$$

und $$A' = {}^6/_7 A = 0\square^m 3592,$$

während der bei der Brücke angenommene Werth für $A = 0\square^m 43215$ und für $A' = 0\square^m 33346$ ist. Man sieht, daß sich aus dieser sehr einfachen Berechnungsmethode für die Flächenräume der Decke und des Bodens Werthe ergeben, welche sich praktisch ausführen lassen.

269. Bemerkungen und Folgerung. — — Obgleich diese letzten Resultate mit den Verhältnissen der englischen Ingenieure, welche die ersten Röhrenbrücken konstruirt und sowohl R wie R' höher als zu $6000000^{Kil.}$, unserem gemeinschaftlichen Werth für beide Größen, angenommen haben, beinahe ganz übereinstimmen, so glauben wir doch, daß es klüger sei und mit den ersten Phänomenen der Biegung mehr übereinstimme, für R und R' den nämlichen Werth und zwar $6000000^{Kil.}$ anzunehmen und sich alsdann zur Bestimmung des Flächenraums der Boden- und Deckendurchschnitte der Formel aus §. 267 zu bedienen.

270. Konstrukzionsdetails der Röhren. — Die Neuheit dieser Konstrukzionsart und die ungemeine Wichtigkeit, welche guten Verbindungen zur Sicherung dieser Bauten zukommt, veranlassen uns, einige Details bezüglich der Ausführung dieser zu geben: wir entlehnen dieselben dem Werke Clark's.

In ihrer allgemeinen Form und zwar ihrer Länge nach betrachtet nähern sich die Röhren den festen Körpern mit gleichem Widerstandsvermögen. Die isolirten Röhren sind in ihrer Mitte höher als an ihren Enden; wenn aber zwei Röhren auf einem Pfeiler zusammen verbunden sind, wie dies bei der Britanniabrücke der Fall ist, so läßt sich der von dem Pfeiler getragene Theil einer Röhre als daselbst eingelassen betrachten, und er erleidet durch die Wirkung der rechts und links liegenden Theile eine starke Ausdehnung, welche seine Verstärkung nothwendig macht. Anderseits ist das auf den Pfeilern aufliegende Ende der Röhren einer auf seine Länge senkrechten Kraft unterworfen, die der Hälfte der Totalbelastung gleich ist, und muß daher

Digitized by Google

einen Querdurchschnitt haben, welcher hinreichend ist, um seine Widerstandsfähigkeit daselbst zu sichern und seine Form zu bewahren. Endlich müssen die Nieten, welche die Seiten verbinden und die Wirkung dieser Last, welche auf die Pfeiler drückt, von dem Boden auf die Decke übertragen, hinlänglich fest und zahlreich sein, um den nöthigen Widerstand zu leisten. Da nun bei der Conwaybrücke die Totalbelastung, sowohl Röhre als Train, 13841$^{Kil.}$ pro Längenmeter oder 1688602$^{Kil.}$ im Ganzen beträgt, so muß ihr Ende einer Kraft von 844301, welche alle Nieten einer vertikalen Seitenfuge abzureißen strebt, Widerstand leisten.

Da wir nun aus §. 34 wissen, daß eine Niete dem Querschnitt beinahe wie dem Zug widersteht, und indem wir ferner eine Belastung von 6000000$^{Kil.}$ pro Quadratmeter annehmen, so muß die Totaldurchschnittsfläche aller Nieten zweier entsprechenden Fugen der vertikalen Seiten betragen

$$\frac{844301^{Kil.}}{6000000} = 0^{\square m}140717.$$

Wendet man nun die Nieten von 0^m025 an, deren Querdurchschnitt $\frac{0{,}025^2}{1{,}273} = 0^{\square m}0490$ ist, so braucht man $\frac{0{,}1407}{0{,}049} = 290$ Nieten. Man kann aber in diesem Fall R kühn zu 8000000$^{Kil.}$ annehmen und somit die Anzahl der Nieten reduciren.

Die Britanniabrücke besteht aus zwei großen Fächern von je 150 Meter und zwei kleinen von 60 bis 70 Meter Tragweite. Die vier Theile, welche jede Röhre bilden, sind dergestalt untereinander verbunden, daß sie einen zusammenhängenden festen Körper darstellen. Die Höhe der Röhren, welche von den Enden oder dem Widerlager aus bis zur Mitte, wo sie auf dem Britanniafelsen aufliegen, wächst, variirt folgendermaßen:

Entfernungen von dem Ende

0^m, 15^m25, 30^m50, 45^m75, Mitte;

äußere Höhe der Röhre,

7^m01, 7^m68, 8^m30, 8^m90, 9^m12.

Die geringste innere Höhe im Lichten zwischen der Schienenfläche und den untersten Theilen der Decke läßt 4^m98 zum Durchgang der Lokomotiven übrig; die Totalfläche der Decke, des Bodens, der Schienen und ihrer Schwellen beträgt an den Enden 2^m03.

Da das Gewicht der Röhre selbst größer ist als sie je an Belastung zu tragen hat, so hat man darauf Rücksicht genommen, daß sie nach ihrer Aufstellung eine gewisse Biegung erleiden wird, und da der Schienenweg so viel als nur immer möglich horizontal sein muß, so hat man der Röhre bei ihrer Konstrukzion eine Krümmung von 0^m23 gegeben, welche nach dem Legen derselben fast ganz verschwunden ist.

Bei solchen Bauten muß man die Biegung, welche der feste Körper durch sein Eigengewicht erleidet, nach der Formel aus §. 202 berechnen und demgemäß der Form, über welche ein solcher Körper konstruirt wird, eine entsprechende Biegung geben. Klug ist es überdies, wenn man diesen Werth ein wenig erhöht, um dem unvermeidlichen Spiel einiger Verbindungen Rechnung zu tragen.

271. Boden der Röhre. — Diesen Theil bilden in der Regel zwei Reihen Platten von Eisenblech. Bei der Britanniabrücke liegen diese Platten in sechs parallelen Reihen und sind in den vier inneren Reihen 3^m66 lang, 0^m712 breit, und in den zwei äußeren 0^m810 lang. Die Blechplatten sind in der Mitte ein wenig dicker als an den Enden, wo sie weniger angestrengt werden. So variirt bei der Britanniabrücke die Dicke stufenweise von 14$^{Mil.}$3 bis zu 9$^{Mil.}$5; diese letztere Dicke ist die der Enden der kleinen Röhren, welche die Widerlagen verbinden. Nach mehreren Versuchen fand man, daß die beste Verbindungsmethode der Bodenplatten darin bestehe, die beiden Reihen dergestalt übereinander zu legen, daß die Platten um 0^m305 übereinander vorstehen und die Fugen um denselben Betrag voneinander entfernt sind. Zwei Deckplatten von 0^m915 Länge dienten dazu, die einzelnen Platten mittelst Nieten zu vereinigen, welche hintereinander in Reihen von neun und von einer Reihe zur anderen über Kreuz standen. Hierdurch wurde die Anzahl der Fugenlinien auf das Minimum reduzirt. Die Fugen jeder Reihe von Platten liegen ferner im Betrag von 1^m22 vor oder hintereinander; hierdurch wurde es möglich, für die vertikalen und queren Platten der Zellen einen gleichen Zwischenraum zu lassen. Die Fugen und Nieten sind folglich in einer Entfernung von 1^m28 gleich vertheilt und sind weniger und fester als bei den anderen früher angewandten Verbindungsmethoden. Ueberdies hat man Sorge getragen, die Nieten über Kreuz zu stellen.

272. Fugendecken. — Die Fugendecken der Bodenplatten im Innern der Zellen haben dieselbe Breite wie die Zellen und sind gekrümmt, um sich

Digitized by Google

den Winkeleiſen anzupaſſen. Sie ſind durch dieſelben Nieten feſtgehalten. Die äußeren Fugendecken oder Deckplatten haben eine größere Breite als die Platten, die ſie der Länge nach vereinigen. Um ſie mit den anſtoßenden Platten zu verbinden haben ſie eine ſolche Breite, daß ſie mit den beiden Flächen der inneren Winkeleiſen vernietet werden konnten.

273. Scheidewände der Zellen. — Die Scheidewände (Fig. 50) werden von Eiſenblechplatten von 0^m535 Höhe gebildet, die am Boden durch Winkeleiſen verbunden ſind. Die Blechplatten haben 3^m66 und ſind von einem Ende zum andern durch Deckplatten verbunden, welche halb ſo dick ſind als die verbundenen Platten. Dieſe Deckplatten ſind über die Winkeleiſen gebogen und werden durch dieſelben Niete verbunden.

Die longitudinalen Winkeleiſen beſtehen aus einzelnen Theilen, welche untereinander von kleinen, Deckplatten bildenden Winkeleiſen verbunden worden, ſo daß ſie der ganzen Länge der Röhre nach fortlaufen.

274. Querſchwellen. — Um den Boden gegen die durch den Druck des Trains auf die Schienen erzeugte Biegung widerſtandskräftiger zu machen, hat man Schwellen von Eiſenblech, ſogenannte carlingues, angewandt; dieſe haben 0^m254 Höhe, 0^m0127 Dicke, ſind mit dem Boden und den Seiten durch Winkeleiſen verbunden und liegen 1^m83 voneinander entfernt.

275. Schienenlage. — Auf dieſen Querſchwellen ruhen Langſchwellen von 0^m355 auf 0^m178; dieſe nehmen die Schienen auf, welche nach Art der Great-Weſternbahn gemacht ſind. Zwei auf den Querſchwellen befeſtigte Winkeleiſen halten die Langſchwellen, welche vermittelſt Bolzen mit dieſen verbunden ſind. Unter dem Kopfe dieſer Bolzen liegen Platten, welche Roſetten bilden.

276. Ausdehnung. — Damit die Schienen der Ausdehnungsbewegung der ganzen Röhre leicht folgen können, liegen an den beiden Enden nur zwei ſchwächere Stoßſchienen, die voneinander unabhängig ſind und deren Enden ſich entfernen oder nähern können. Zugleich trug man Sorge die beiden gleichen Fugen nicht einander gegenüber zu ſtellen.

277. Vertikale Seiten. — Sie werden von flachen Platten gebildet, die 0^m61 Breite und verſchiedene Längen haben, um in der Lage der Fugen abwechſeln zu können. Dieſe Platten paſſen genau aneinander und ſind in horizontaler Richtung durch Deckplatten verbunden, die halb ſo dick ſind wie die Platten ſelbſt. Ueber den vertikalen Fugen liegen innen und außen ⊤förmige Eiſen, die 0^m61 voneinander entfernt ſind und wie Pfoſten wirken; ſie tragen viel zur Feſtigung des Ganzen bei und vertheilen zugleich die Kräfte.

278. Verbindung der Seiten mit dem Boden und der Decke. — Die innern ⊤förmigen Eiſen ſind über den Boden und die Seiten zurückgebogen und bilden ſomit ein Knie, deſſen beide Schenkel durch ein dreieckiges Eckband verbunden ſind; dieſes letztere beſteht aus zwei Eiſenblechplatten, welche auf beiden Seiten der T Rippe liegen und mit derſelben vernietet ſind. Eine andere Eiſenblechplatte von der Dicke der T Rippe iſt zwiſchen die Eckbänder eingeſchoben und durch Niete mit denſelben verbunden. Dieſe rechtwinkligen Eckbänder tragen viel zur Befeſtigung des Querſchnitts bei, indem ſie die Winkel verhindern ſich zu verſchieben. Sie haben nicht alle die gleiche Größe. Die größten haben 1^m52 Höhe und 0^m61 Baſis; die mittleren 1^m22 Höhe bei 0^m53 Baſis; die dritten 0^m915 bei 0^m38, und endlich die kleinſten 0^m61 bei 0^m38. Sie ſind alle $7^{mil}.9$ dick.

Die Verbindung der Seiten mit dem Boden und der Decke iſt alſo geſichert: 1) durch die Kniee der innern vermittelſt der Eckbänder befeſtigten Winkeleiſen; 2) durch äußere und innere Winkeleiſen, welche an der Außenſeite des Bodens und der Decke liegen; 3) durch äußere und innere Winkeleiſen an der Innenſeite des Bodens und der Decke.

279. Die Decke der Röhren. — Der Querſchnitt derſelben iſt zellenförmig mit 8 Fächern von 0^m53. Der Ober- und Untertheil der Decke wird wie der Boden von zwei Platten gebildet, die durch neun vertikale Scheidewände und durch Deckplatten und Winkeleiſen verbunden ſind. Es iſt wichtig, daß ſich die Enden der Eiſenblechplatten ſo genau als möglich berühren, da ſie ſich an dieſem der Kompreſſion ausgeſetzten Theil gegenſeitig halten müſſen. Die Längenfugen ſind durch Deckplatten von 0^m23 Breite verbunden.

Da die Röhrendecke über den mittleren Pfeilern in Folge der Biegung der Röhre eine bedeutende Spannung erleidet, ſo hat man die Anzahl der Nieten vermehrt und durch Deckplatten von 0^m53 Breite dieſen Theil der Decke verſtärkt. Dieſe Vorſichtsmaßregel iſt in einer Breite von 27^m50 auf jeder

Digitized by Google

Seite der Pfeiler angewendet worden. In gleichen Entfernungen von 3m66 ist die Decke ebenfalls durch Querbänder verstärkt, welche denen des Bodens ähnlich und eben so verbunden sind.

Das Gewicht einer Röhre der Britanniabrücke ist also folgendes:

	Gewicht	Flächenraum des Querdurchschnitts.	Anzahl der Nieten.
	Kil.	□ Met.	
Decke . .	1500000	0,4150	310390
Seiten . .	1750000	0,1940	535650
Boden . .	1490000	0,3780	249010
	4740000	0,9870	1095050

Die ganze Brücke hat ungefähr 425000 Kub. Met. Mauerwerk, 9480000 Kil. Schmiedeisen und 2000000 Kil. Gußeisen.

Dies sind die Details, die wir hier über diesen wunderbaren und riesenhaften Bau geben können, welcher dem kühnen Genie Stephenson's, der ihn erdacht, und dem großen Talent Fairbairn's, der durch seine vorläufigen Versuche seine Form und hauptsächlichsten Dimensionen bestimmt hat, zur größten Ehre gereicht. Eine genaue Darstellung der Conway- und Britanniabrücke findet man übrigens in dieser Zeitschrift im Jahrgange 1849, Blatt 273 — 280.

280. Versuche über den queren Widerstand eines Balkens aus Eisenblech. — Folgenden Versuch in großem Maßstabe verdankt man dem berühmten englischen Ingenieur Brunel (Sohn).

Zu diesem Versuch wurde ein Balken von Eisenblech konstruirt, dessen Aufstellung die Figuren 51 und 52 angeben; die Tragweite zwischen den Stützen betrug 66 Fuß = 20m13, die Höhe in der Mitte war 10 Fuß = 3m05, und an den Enden 6 Fuß = 1m830. An der oberen Fläche war das Blech leicht gekrümmt, um der Kompression einen größeren Widerstand entgegensetzen zu können. Der Flächenraum jedes der dreieckigen Querschnitte, welche gleichsam die Rippen der Decke und des Bodens des Balkens bildeten, betrug 25 □ Zoll = 0 □m016125. Den mittleren vertikalen Theil zwischen Decke und Boden bildete eine einfache Eisenblechplatte von 1/4 Zoll = 0m0063 Dicke. Von je drei Platten erstreckte sich nur immer eine auf die ganze Höhe, so daß dieser Theil übrigens nur 7 Fuß = 2m135 Höhe hatte. Derselbe Theil des Durchschnittes war durch zwei Platten verstärkt, die Rippen bildeten; diese lagen in einer Entfernung von 15 Fuß = 4m575 gegen die Mitte des Balkens zu und hatten dieselbe Dicke wie die des Bodens und der Decke. Zwei ähnliche Rippen befanden sich auch an den Enden. Die vertikalen Platten waren durch Ueberdeckung, die horizontalen Bodenplatten durch Deckstreifen mit zwei Reihen kreuzförmig stehender Nieten von 3/4 Zoll oder 0m019 Durchmesser verbunden.

Die Resultate der Versuche sind in der folgenden Tabelle enthalten.

Das Gewicht des Balkens nach seinen Dimensionen berechnet betrug ungefähr 7500 Kil., von welchen 5/8 oder 4687 Kil. bei der Beobachtung der Biegungen zu dem Werth der Belastung hinzu addirt werden müssen.

Wären die Nieten besser gewesen, so hätte der Balken wahrscheinlich eine größere Last tragen können.

Die graphische Darstellung der Resultate, wo die Lasten durch die Abscissen und die Biegungen durch die Ordinaten ausgedrückt sind, zeigt, daß bis zu einer Belastung von 101565 Kil., das Eigengewicht des Körpers nicht mit inbegriffen, die Biegungen den Belastungen proporzional blieben, d. h. so lange sie 0m0159 oder $\frac{1}{1276}$ der Tragweite nicht überschritten.

Die Figur 60 ist eine Redukzion des mit den Daten der folgenden Tabelle in einem größeren Maßstabe ausgeführten Entwurfs.

Belastungen 2 p' C'	Biegungen	Bemerkungen.
	m.	
10156	0,0008	
20313	0,0032	
30469	0,0040	
40626	0,0047	Bis hier war der Balken nur auf einer Seite belastet.
50782	0,0079	
60939	0,0087	
71095	0,0111	
81252	0,0119	
91408	0,0127	
101565	0,0159	Belastung gleich auf beiden Seiten.
111721	0,0191	
121878	0,0206	Von einem Drittel der Länge des Balkens an nach der Mitte zu fingen die vertikalen Platten sich allmählig an zu werfen.
132034	0,0222	
142191	0,0270	
152347	0,0286	
162503	0,0317	
172660	"	Bei dieser Last riß eine Fuge am Boden und die Decke stauchte sich; sonst war kein Theil des Balkens beschädigt.
182817	"	
190942	"	

Digitized by Google

281. Daten für die Berechnung des Elaſticitätskoefficienten. — Der Flächenraum jedes der beiden dreieckigen Theile des Bodens und der Decke iſt $A = 25 \square$ Zoll $= 0^{\square m}0161$. Betrachtet man beide als vereinigt im Schwerpunkt des Dreiecks, was wegen der großen Höhe des Körpers hinlänglich genau iſt, ſo iſt das Trägheitsmoment der Decke ſo wie das der Baſis im Verhältniß zur neutralen Achſe, welche hier durch die Mitte der ganzen Höhe geht, für jeden Theil

$$A \times \overline{1{,}372^2} = 0{,}03031,$$

und für die beiden Theile iſt $J = 0{,}06062$.

Die Dicke des vertikalen Theils iſt $a = 0^m0063$; ſeine Höhe zwiſchen den Dreiecken iſt 2^m135; ſein Trägheitsmoment iſt alſo

$$^1/_{12}\, a\, b^3 = {}^1/_{12} \times 0{,}0063 \times \overline{2{,}135^3} = 0{,}005109.$$

Hieraus geht hervor, daß das Trägheitsmoment dieſes Theils kaum das Zwölftel des Trägheitsmoments des Bodens und der Decke zuſammen beträgt, und daß man es folglich bei Entwürfen gar nicht in Rechnung zu bringen braucht, indem ſich alsdann ein größerer Widerſtand ergibt als derjenige iſt, auf welchen man rechnet. Nichtsdeſtoweniger wollen wir aber bei Beſprechung der Reſultate den Totalwerth des Trägheitsmoments beibehalten, und dieſer iſt

$$J = 0{,}06062 + 0{,}005109 = 0{,}065729.$$

Die Entfernung v' der von der neutralen Achſe am weiteſten entfernten Faſer iſt $v' = 1^m525$. Mithin iſt

$$\frac{J}{v'} = \frac{0{,}065729}{1{,}525} = 0{,}0431.$$

282. Beſondere Art die feſten Körper zu belaſten, und Regel, um die Belaſtungsart in Rechnung zu bringen. — Wie die Figur angibt, war die Laſt mittelſt Holzpiecen, die einerſeits auf Winkeleiſen, welche auf dem Balken feſtgenietet waren, und anderſeits auf einer von dem Körper unabhängigen Plateform lagen, über dem Balken vertheilt. Nennen wir bei einer ſolchen Vertheilung (Fig. 53) C_1 die Tragweite der Hilfsbalken, C_1' die Länge dieſer Balken, auf welcher die Belaſtung gleichmäßig von dem zu probirenden Körper aus und zwar im Betrag von p_1 Kil. pro Meter vertheilt iſt, ſo iſt das Moment der Laſt $p_1 x$ eines Längenelements x des belaſteten Theils, welches in der Entfernung X von den Stützpunkten der Balken liegt, gleich $p_1 X x$, und die Summe aller dieſer Momente iſt $^1/_2\, p_1 X^2$; dies auf die ganze Tragweite C_1' angewandt, gibt als Totalſumme aller dieſer Momente offenbar

$$^1/_2\, p_1 [C_1^2 - (C_1 - C_1')^2] = \frac{1}{2}\, p_1 (2 C_1 C_1' - C_1'^2).$$

Nennen wir nun die Laſt, welche dem zu probirenden Körper durch den angenommenen Belaſtungsapparat auferlegt wird, P_1, ſo wäre

$$P_1 C_1 = \frac{1}{2}\, p_1 (2 C_1 C_1' - C_1'^2),$$

$$\text{folglich} \qquad P_1 = \frac{^1/_2\, p_1 (2 C_1 C_1' - C_1'^2)}{C_1}.$$

Hieraus geht deutlich hervor, daß in den Fällen, wo die Länge C_1 des Hilfsbalkens im Verhältniß zu der von der Belaſtung dieſes Balkens eingenommenen Länge C_1' ſehr groß iſt, $C_1'^2$ gegenüber von $2 C_1 C_1'$ nicht berückſichtigt zu werden braucht, und der Werth von P_1 reducirt ſich alsdann auf

$$P_1 = p_1 C_1',$$

wie wenn er direkt auf dem zu probirenden Balken läge. Iſt z. B. $C_1' = 0{,}05\, C_1$, ſo gibt die ſo vereinfachte Formel $P_1 = 0{,}05\, p_1 C_1$, während man mit Berückſichtigung des zweiten Ausdrucks findet

$$P_1 = \frac{^1/_2\, p_1 [2 C_1 \times 0{,}05\, C_1 - (0{,}05\, C_1)^2]}{C_1} = {}^1/_2\, p_1 C_1$$

$$(0{,}10 - 0{,}0025) = {}^1/_2\, p_1 C_1\, (0{,}0975) = 0{,}0482\, p_1 C_1.$$

Bei dem von Clark mitgetheilten Verſuch iſt der Werth von C_1 oder die Tragweite des Hilfsbalkens eben ſo wenig wie C_1' gegeben; nimmt man aber dieſe Werthe nach dem Maßſtabe der Zeichnung an, was zu keinem erheblichen Irrthum führen kann, ſo findet man

$C_1 = 11$ Fuß 6 Zoll $= 3^m50$ und $C_1' = 0^m915$.

Wendet man die obige Formel auf die Totalbelaſtung von 101565 Kil. an, über welche hinaus die Biegungen aufgehört haben den Belaſtungen proporzional zu ſein, ſo iſt

$$p_1 C_1' = 101565 \text{ Kil.},$$

$$\text{woraus} \qquad p_1 = \frac{101565}{0^m915} = 111000 \text{ Kil.},$$

und die Laſt P_1, welche auf das Ende der Balken drückend die nämliche Kraft auf dem zu probirenden feſten Körper ausüben würde, wird der Formel gemäß ausgedrückt durch

$$P_1 = \frac{^1/_2\, 111000\, (7000 \times 0{,}915 - \overline{0{,}915^2})}{3{,}50} = 88296 \text{ Kil.},$$

alſo ungefähr 0,875 der auf die Länge $C_1' = 0^m915$ der Hilfsbalken zu beiden Seiten des feſten Körpers vertheilten Laſt. Dieſe Laſt aber, anſtatt auf die Mitte

Digitized by Google

des Körpers zu drücken, war gleichmäßig auf eine Länge von $2C' = 3^m830$ vertheilt, was pro Längenmeter einer Laſt

$$p' = \frac{88296^{Kil.}}{3,83} = 23053^{Kil.}7$$

entſpricht.

Das Eigengewicht des Körpers iſt ungefähr $2pC = 7500^{Kil.}$ $2C$ iſt $= 20^m13$, $J = 0{,}065729$. Für dieſe Laſt hat der Verſuch $f = 0^m0159$ ergeben. Aus der Formel von §. 259 leitet man alſo ab

$$E = \frac{^5/_{24}\,C^3(pC+p'C) - {}^1/_8\,p'(C-C')^3C^2}{fJ} = 10317000000^{K.};$$

ein Werth, der mit denen in §. 249 aus Fairbairn's Verſuchen an gewalztem Eiſen von doppelter ⊤Form abgeleiteten ziemlich nahe übereinſtimmt.

Die Laſt von $101565^{Kil.}$, auf welche wir die Formel angewandt haben, iſt diejenige, bei welcher nach der graphiſchen Darſtellung die Biegungen aufhören den Belaſtungen proporzional zu ſein. Die Biegung betrug damals $f = 0{,}0159$ oder $\frac{1}{1276}$ der Tragweite.

283. Gleichgewichtsverhältniß. — Aus der bisherigen Beweisführung geht deutlich hervor, daß der Druck des Balkens auf jede ſeiner Stützen $pC + p'C'$ iſt, welche Größe im Verhältniß zur Mitte $pC^2 + p'CC'$ zum Moment hat; ferner iſt die Summe der Momente der auf die Länge $2C'$ vertheilten Laſt $p'C'$ und des Moments des Eigengewichts des feſten Körpers $2pC$ im Verhältniß zum nämlichen Durchſchnitt $^1/_2\,p'C'^2 + {}^1/_2\,pC^2$; dieſer Werth wirkt übrigens in entgegengeſetzter Richtung wie die beiden erſten. Es iſt alſo

$$\frac{RJ}{v'} = pC^2 + p'CC' - {}^1/_2\,p'C'^2 - {}^1/_2\,pC^2,$$

oder
$$\frac{RJ}{v'} = {}^1/_2\,pC^2 + p'C'(C - {}^1/_2\,C');$$

folglich
$$R = \frac{[{}^1/_2\,pC^2 + p'C'(C - {}^1/_2\,C')]\,v'}{J}$$

und
$$v' = 1^m525.$$

Wendet man dieſe Formel auf die Totalbelaſtung von $101565^{Kil.}$ an, welche ſich durch die Art ihrer Vertheilung, wie man aus §. 282 gelernt hat, auf $88296^{Kil.}$ reducirt, und erinnert man ſich, daß $2pC = 7500^{Kil.}$ iſt, ſo findet man

$$R = 9766500^{Kil.},$$

während in unſeren Formeln R nur $600000^{Kil.}$ iſt, was uns eine viel geringere Belaſtung ergibt als diejenige beträgt, bei welcher ſich die Elaſticität zu verändern anfangen würde.

Wollte man die nämliche Formel auf die Laſt anwenden, welche den Bruch erzeugte, und die $2p'C' = 190940^{Kil.}$ betrug, ſo würde ſich für den Bruchkoefficienten R ein geringerer Werth ergeben als der von $32000000^{Kil.}$, welcher bei dem Eiſenblech das gewöhnliche Reſultat iſt, der ſich aber daraus erklärt, daß der Bruch an einem Punkte ſtattfand, wo die Vernietung ſchlecht war.

284. Nützlichkeit der vertikalen und horizontalen Winkeleiſen bei den vertikalen Wänden. — Der eben beſprochene Körper hatte nur zwei vertikale Winkeleiſen in der Mitte und zwei andere an den Enden, und es zeigte ſich, daß ſich die Bleche, welche die mittlere vertikale Wand des Balkens bildeten, bei viel geringeren Belaſtungen warfen als die Bruchbelaſtung betrug. In Folge analoger bei den Verſuchen über die Röhrenbrücken beobachteter Reſultate brachte man bei dieſen Brücken von 0^m65 zu 0^m65 vertikale Winkeleiſen an. Vielleicht wäre es ſogar klug einige Winkeleiſen horizontal zu legen, um den vertikalen Seiten mehr Steifigkeit zu geben. Wir wollen übrigens hinzufügen, daß die Dicke von 0^m0063 für den Körper der Pieces ein wenig ſchwach ſcheint, da dieſer Theil, von welchem die Verbindung und der gleichzeitige Widerſtand des Bodens und der Decke abhängt, ziemlich ſtark ſein muß, um ſeine Geſtalt nur wenig zu veränderu.

285. Bemerkung. — Wiegt nach der in England geltenden Schätzung (§. 267) ein Train von Waggons $3330^{Kil.}$ pro Längenmeter, ſo hätte dieſer Balken, mit einem Sechſtel ſeiner Bruchbelaſtung beladen, mit Sicherheit tragen können $\frac{190952}{6} = 31824^{Kil.}$

oder $\frac{31824}{20{,}13} = 1581^{Kil.}$ pro Längenmeter.

Zwei ſolche Balken auf der rechten und linken Seite der Brücke, von Strecke zu Strecke durch untere Querſchwellen verbunden und gegen die ſeitlichen Drucke durch breite Winkeleiſen verſtärkt, böten zur Konſtrukzion von Eiſenbahnbrücken ein ökonomiſches und zugleich elegantes Mittel dar.

Digitized by Google

Eiſerne Zimmerdecken.

286. Eiſerne Decken. — Man wendet jetzt vielfach eiſerne Decken von einer ſehr einfachen und leichten Konſtrukzion an, welche im Preis kaum höher zu ſtehen kommen als die hölzernen, weil ſie das Lattenwerk der Decke entbehrlich machen. Dieſe Böden beſtehen aus Stangen von flachem Eiſen, welche auf der ſchmalen Kante liegend ungefähr 0^m30 eingemauert werden und dergeſtalt Hauptbalken bilden, die in der Regel 0^m75 voneinander entfernt liegen. Ueber dieſe Balken (Fig. 58 und 59) legt man eiſerne Querhölzer gewöhnlich von $16^{mil.}$ im Quadrat nebeneinander und hakt ſie in die erſteren ein, ſo daß ihre untere Fläche beinahe mit der der Balken zuſammenſtößt. Dieſe Querſtangen liegen ungefähr 0^m75 voneinander entfernt. Ueber dieſe legt man kleine Eiſen von 0^m011 im Quadrat, welche mit den Balken parallel laufen und eingemauert ſind; dieſe kleinen Piecen liegen 0^m25 voneinander entfernt und endigen in der Mauer mit Haken. Ueber das auf ſolche Art hergeſtellte eiſerne Gebälk kommt ein Mauerwerk aus Gipsbrocken und Gips oder noch beſſer aus Töpfen und Gips oder Mörtel, welche das ganze Syſtem verbinden und auf dem der gewöhnliche Fußboden liegt. Da die untere Fläche unmittelbar den Deckenputz aufnehmen kann, ſo erſpart man das Lattenwerk *).

Die gebräuchlichen Dimenſionen ſind folgende.

Tragweiten der Decken 2C	Abſtand der Balken	Dimenſionen der Eiſenpieceen				Gewicht des Eiſens pro lauf. Meter im Lichten	Preis des Eiſens pro □Meter Decke
		Balken		Querſtange	kleine Eiſen		
		Länge	Querſchnitt				
m.	m.	m.	mil.	mil.	mil.	Kil.	fr.
7	0,75	7,60	19,0 bei 9	16 bei 16	11 bei 11	21,00	13,25
6	0,75	6,60	16,5 „ 9	16 „ 16	11 „ 11	19,95	12,25
5	0,75	5,60	13,5 „ 9	16 „ 16	11 „ 11	18,08	11,00

Wendet man nach dieſen Dimenſionen die Formel aus §. 162

$$a b^3 = \frac{p C^2}{2000000}$$

an, welche ſich auf die der Wirkung einer gleichmäßig vertheilten Belaſtung unterworfenen Eiſenſtangen bezieht, ſo findet man, daß die Laſt p, welche man ſolchen Fußböden permanent aufladen kann, für die Stangen von

7 Meter Tragweite . . . . . $p = 53^{Kil.}04$
6 „ „ . . . . . $p = 54^{Kil.}40$
5 „ „ . . . . . $p = 52^{Kil.}41$

im Mittel alſo $p = 53^{Kil.}28$ beträgt. Da dieſe Balken nun aber 0^m75 voneinander getrennt liegen, ſo ergibt ſich eine Belaſtung von $\frac{53,28}{0,75} = 71^{Kil.}$, oder ungefähr eine Perſon pro Quadratmeter, was die bei gewöhnlichen Verſammlungen ſich herausſtellenden Belaſtungen bereits überſchreitet. Dieſe Dimenſionen ſind mithin durchaus hinreichend für gewöhnliche Belaſtungen, zumal da die Verbindung aller Theile durch die Ausmauerung die Feſtigkeit des ganzen Syſtems bedeutend erhöht.

Berechnet man mit Hilfe derſelben Formel die Belaſtung pro Längenmeter, welche die Querſtangen permanent tragen können (bei welchen $2C = 0^m75$, $a = b = 0^m016$ iſt), ſo findet man

$$p = \frac{b^3 \times 2000000}{C^2} = 58^{Kil.}10,$$

was ebenfalls einer Perſon auf den Quadratmeter entſpricht.

Eben ſo ergibt ſich für die kleinen Ausfüllungseiſen, bei welchen $2C = 0^m75$, $a = b = 0^m011$ iſt,

$$p = \frac{b^3 \times 2000000}{C^2} = 18^{Kil.}88.$$

Da zwiſchen je zwei Balken zwei ſolche Piecen liegen, wodurch mit dem Balken ſelbſt drei Zwiſchenräume von 0^m25 entſtehen, ſo ergibt ſich für jedes dieſer Stücke ein Drittel der Belaſtung, welche auf einen Zwiſchenraum von 0^m75 Breite vertheilt iſt und $53^{Kil.}$ beträgt.

Alle Theile dieſer Decken ſind mithin einer normalen und permanenten Belaſtung von $70^{Kil.}$ oder einer Perſon pro Quadratmeter vollkommen angemeſſen.

*) Eine ausführliche Darſtellung ſolcher Decken findet man auf Blatt 632 und auf Seite 142 u. f. f. des gegenw. Jahrg. d. A. Bauztg.

Digitized by Google

287. Verſuche über eiſerne Decken. — Verſuche, bei welchen die Belaſtung bedeutend übertrieben waren, haben gezeigt, daß dieſe Decken viel beträchtlichere Drucke ohne Gefahr ertragen konnten. Ein Boden von 7^m00 Tragweite auf die oben angegebene Weiſe proporzionirt wurde, nachdem er ausgemauert war, mit $500^{Kil.}$ pro Quadratmeter belaſtet. Sein Krümmungspfeil über der Horizontalen betrug nach dem Legen deſſelben 0^m070, nach der Ausmauerung 0^m040, und unter der Laſt von $500^{Kil.}$ bog ſich die Decke 0^m030 unter die Horizontale oder im Ganzen 0^m070; nachdem die Laſt 48 Stunden eingewirkt hatte, ſenkte ſich die Decke noch um 0^m05. Die Totalbiegung betrug alſo 0^m12. Nach Wegnahme der Laſt erhob ſich der Boden um 0^m05, und nach Wegnahme des Mauerwerks erhielten die Stangen wieder einen Pfeil von 0^m06 über der Horizontalen; dies beweiſt, daß ſich die Elaſticität des Eiſens nur wenig verändert hatte und daß die permanente Biegung großentheils durch die Ausmauerung ſelbſt erzeugt und erhalten worden war.

Die dieſer Probe entſprechende Belaſtung pro laufenden Meter war $500^{Kil.} \times 0{,}75 = 375^{Kil.}$, oder ungefähr ſiebenmal ſo groß als der oben gefundene normale Werth.

Offenbar wird der Boden eines Zimmers faſt nie mehr tragen als 4 Perſonen oder $280^{Kil.}$ pro Quadratmeter; dies macht $210^{Kil.}$ pro Längenmeter oder ungefähr das Vierfache der oben nach der Formel gefundenen normalen Belaſtung.

Zweiter Verſuch. — Eine Decke von 6^m00 Tragweite wurde folgendem Verſuch unterzogen. Nachdem die Balken gelegt waren, errichtete man auf zweien derſelben eine Mauer aus Bruchſtein, die durch die Enden von Bohlen feſtgehalten wurde, ſo daß das Gewicht der Mauer gleichmäßig auf den beiden Balken vertheilt war und einen Druck von $2076^{Kil.}$ oder $346^{Kil.}$ pro laufenden Meter auf dieſelben ausübte. Bei dieſer Belaſtung ſenkten ſich die Balken, welche urſprünglich eine Krümmung von 0^m070 über der Horizontalen hatten, auf 0^m025; nach der Entlaſtung aber ſtieg die Krümmung wieder auf 0^m065. Die Balken hatten alſo bei einer Belaſtung, welche faſt das Siebenfache der durch die praktiſche Formel beſtimmten Normalbelaſtung betrug, nur 5 Millim. ihrer Krümmung eingebüßt.

Dritter Verſuch. — Eine Decke von 5^m00 Tragweite wurde mit denſelben Verhältniſſen errichtet. Die Balken hatten folgende Dimenſionen: $b = 0^m135$, $a = 0^m009$. Die Decke wurde mit $500^{Kil.}$ pro Quadratmeter oder $375^{Kil.}$ pro Längenmeter belaſtet, alſo mit dem Siebenfachen der Normalbelaſtung. Die Krümmung der Balken, welche urſprünglich 0^m050 und nach der Ausmauerung 0^m045 betrug, ſank anfänglich um 0^m030; nach 48 Stunden erreichte ſie 0^m025 über der Horizontalen. Nach Entlaſtung des Bodens ſtieg die Krümmung wieder auf 0^m040 über der Horizontalen; folglich hatte der Boden bei dieſer bedeutenden Ueberlaſt nur 5 Millim. ſeiner Krümmung eingebüßt.

Dieſe Verſuche, wo die Belaſtung das Doppelte der zufälligen größten Belaſtungen überſchritten, zeigen, daß dieſe Konſtrukzionsart alle erforderliche Feſtigkeit darbietet.

288. Bemerkungen über das Legen und Verbinden der Balken. — Die zur Ausfüllung der Zwiſchenräume dieſes eiſernen Gebälks eingeſchlagene Konſtrukzionsmethode erzeugt, wie man oben geſehen hat, eine Biegung der Balken, welche nicht allein die Folge des Gewichts der Materialien ſein kann. Bei der der Ausmauerung gegebenen muldenartigen Form können die horizontalen Komponenten der Ausdehnungskräfte, die ſich während der Erhärtung des Gipſes entwickeln und von der Seite wirken, ſich aufheben; es treten aber die vertikalen Komponenten hinzu und bringen die angegebene Senkung hervor. Es iſt wahrſcheinlich, daß eine beſſere Methode oder eine andere Geſtaltung der Ausmauerung dieſe Wirkung derſelben aufheben würde.

Anderſeits kann man die Steifigkeit der Balken dadurch bedeutend erhöhen, daß man ſie wirklich einmauert, anſtatt daß ſie wie bei den vorſtehenden Verſuchen bloß in einem einfachen Mauerwerk von ſchlecht oder unvollkommen untereinander verbundener Bruchſteinen lagen. Der Balken müßte mit ſeinem größten Theil auf einem Hauſtein liegen, und dieſer müßte von einem anderen ihm angepaßten Stein dergeſtalt bedeckt werden, daß er durch den Druck der Mauer den Balken wirklich komprimirte. Noch beſſer wäre es eine Eiſenplatte oberhalb und unterhalb über das Balkenende zu legen, beſonders wenn die Steine weich ſind.

289. Modifikazionen in der Form der Balken. — Die für die Balken angenommene hochkantige flache Form iſt in der That die einfachſte und ökonomiſchſte. Sie bietet ferner den Vortheil dar, daß ſie diejenige des im Handel vorkommenden Eiſens iſt und daß man ſie allenthalben antrifft. Indeſſen wäre es

Digitized by Google

vielleicht paſſend die Form eines umgekehrten ⊤ (Fig. 61) anzuwenden, welches im Walzwerk geſtreckt und deſſen Rippe ſowohl oben als an ihrer Vereinigung mit der untern ebenen Fläche abgerundet wäre. Hierbei wäre es möglich den Riegeln eine ähnliche Form zu geben, und dadurch, daß dieſe alsdann nur abgerundete Kanten hätten, liefe man weniger Gefahr Fehler in ihren Biegungen zu erhalten; auch könnten ſie überdies mit Hilfe von Stempeln oder Formen, wie ſie in den Artilleriewerkſtätten im Gebrauch ſind, leicht hergeſtellt werden. Die Fabrikazion wäre ſomit ökonomiſcher und man erhielte beſſere Reſultate.

290. Anwendung der Eiſen von doppelter ⊤ Form für Decken. — Man bedient ſich jetzt auch häufig gußeiſerner oder ſchmiedeiſerner Balken von doppelter ⊤ Form zur Konſtrukzion von Decken, und namentlich bei Magazinen, welche feuerfeſt ſein ſollen. Nach den Formeln von §. 144 und 245 berechnet man die Dimenſionen dieſer Balken, indem man ſtatt der Belaſtung pro Längenmeter die von 70$^{Kil.}$ (oder einer Perſon) pro Quadratmeter ſubſtituirt. Die aus den Formeln ſich ergebenden Dimenſionen ſind für den Fall einer viel beträchtlicheren zufälligen Belaſtung hinreichend.

Einfluß der Bewegung der Laſt.

291. Einfluß der Bewegung der Laſt auf die Biegung der feſten Körper. — Bei unſeren bisherigen Betrachtungen haben wir vorausgeſetzt, die Belaſtung liege unbeweglich auf einem und demſelben Punkte; für die Dauerhaftigkeit der Brücken aber und beſonders derjenigen, über welche Eiſenbahnzüge mit großer Schnelligkeit fahren, iſt es von Intereſſe zu wiſſen, in wie fern die Schnelligkeit eines Transports die Biegung beeinflußt. Rollt ein Wagen oder ganz einfach ein Cylinder über Balken, die ſich unter der Laſt biegen, ſo entwickelt die Krümmung des von dem feſten Körper durchlaufenen Weges eine Centrifugalkraft, deren normale Wirkung auf die Krümmung im Verein mit dem Gewicht der Belaſtung die Biegung erhöht und vielleicht den Bruch hervorbringt.

Die Centrifugalkraft wird ausgedrückt durch

$$\frac{m V^2}{r} = \frac{P}{g} \cdot \frac{V^2}{r},$$

eine Formel, in der m die Maſſe des ſich bewegenden Körpers, V ſeine Geſchwindigkeit in der Richtung der Kurve, und r der Krümmungshalbmeſſer der Kurve iſt. Bei der nämlichen Belaſtung wächſt alſo die Wirkung dieſer Kraft oder die von ihr erzeugte Vergrößerung des Drucks wie das Quadrat der Geſchwindigkeit und umgekehrt wie der Krümungsradius, d. h. ſie iſt um ſo größer, je beträchtlicher die Biegung ſelbſt iſt. Iſt aber bei den gegebenen Dimenſionen des feſten Körpers der Krümmungspfeil, welchen die Laſt im Zuſtand der Ruhe erzeugen würde, ſehr gering, ſo kann die Wirkung dieſer Centrifugalkraft nur eine ſehr geringe Intenſität erreichen, und man kann daher bei den gewöhnlichen Schnelligkeitsgrenzen der Eiſenbahnzüge von ihr abſtrahiren.

292. Verſuche, welche zu Portsmouth ausgeführt wurden. — Henry James, Kapitän, und Douglas Galton, Lieutenant der königl. engliſchen Marine, ſtellten hierüber im Dockyard von Portsmouth zahlreiche und intereſſante Verſuche an.

Gußeiſenſtangen von 2^{m}745 Tragweite wurden dergeſtalt aufgeſtellt, daß ſie einen Theil einer kleinen horizontalen Eiſenbahn ausmachten, die an ihren beiden Enden durch paſſende Kurven mit geneigten Ebenen in Verbindung ſtand, auf welchen ein ſich ſelbſt überlaſſener Wagen eine beträchtliche Schnelligkeit erreichen konnte. Sinnreiche Apparate mit Griffeln gaben während des Fahrens auf einer ebenen Fläche die Biegungen der Stangen an, und hierdurch war es möglich die Krümmungspfeile während der Bewegung und diejenigen, welche ſich während der Ruhe des in der Mitte der Stangen ſtehenden Wagens ergaben, miteinander zu vergleichen. Dieſe Verſuche wurden wiederholt an Gußeiſenſtangen, die alle dieſelbe Tragweite 2C=2^{m}745, aber verſchiedene Querſchnitte hatten. Die Daten, ſo wie die Reſultate finden ſich in der Tabelle des folgenden Paragraphen. Aus einer Prüfung dieſer Tabellen ergibt ſich zuerſt, daß in der That die größten Biegungen der feſten Körper mit der Geſchwindigkeit der Bewegung wachſen, und daß der Bruch bei Belaſtungen erfolgte, die in dem Maße ſchwächer waren als die Geſchwindigkeit größer wurde. Die Beobachtung hat ferner gezeigt, daß der Bruch im Allgemeinen an Punkten ſtattfindet, die jenſeits der Mitte der Stangen liegen, und daß er oft an mehreren verſchiedenen Punkten zugleich erfolgt. Der Einfluß der Geſchwindigkeit iſt mithin durch dieſe Verſuche vollkommen erwieſen, und die Wirkung der Centrifugalkraft in dieſer Hinſicht iſt unbeſtreitbar; da aber immer ein gewiſſer Zeitraum zum Entſtehen der Biegungen erforderlich iſt und da ſich dieſe hiervon abhängende Kraft während des Fah-

Digitized by Google

rens entwickelt, ſo vermindert ſich jenſeits gewiſſer Geſchwindigkeitsgrenzen die Wirkung oder die Kraft, anſtatt ſich zu vermehren. Dies ergibt ſich aus folgenden Verſuchen an Stangen von Stahl und Schmiedeiſen.

Verſuche an zwei Stahlſtangen von 0^m685 Länge, 0^m0508 Breite und 0^m0063 Dicke.

Geſchwindigkeiten in 1″		4^m57	7^m00	8^m83	10^m35	13^m40
Biegung in der Mitte	$17^{mil}.8$	$25^{mil}.9$	$33^{mil}.6$	$36^{mil}.8$	$33^{mil}.00$	$26^{mil}.20$

Verſuche an zwei Stangen von Schmiedeiſen von 2^m745 Länge, 0^m0254 Breite und 0^m762 Dicke mit einer Laſt von $805^{Kil.}$

Geſchwindigkeiten in 1″		4^m57	8^m83	11^m00	13^m20
Biegung in der Mitte	$7^{mil}.36$	$9^{mil}.90$	$12^{mil}.70$	$15^{mil}.75$	$10^{mil}.90$

Dieſe Verſuche haben den Profeſſor Willis zu ſehr intereſſanten wiſſenſchaftlichen Unterſuchungen veranlaßt. Allein die Berechnungen dieſes Gelehrten ſind zu komplicirt, als daß man ſich ihrer in den gewöhnlichen Fällen bedienen könnte, und wir wollen daher die Reſultate dieſer Verſuche nach einer einfacheren für die Praxis hinreichend genauen Methode beſprechen.

Was die gewöhnliche Praxis betrifft, ſo machen wir darauf aufmerkſam, daß dieſe Verſuche zum Theil mit Belaſtungen und folglich mit Biegungen anfingen, welche diejenigen bereits weit überſchritten, die man für permanente Konſtrukzionen annehmen könnte und die ſich aus unſeren praktiſchen Formeln ergeben. Die gußeiſernen Stangen von 0^m0254 Breite bei 0^m0508 Dicke und 2^m745 Tragweite hätten in ihrer Mitte nur eine permanente Laſt von $119^{Kil.}44$ tragen ſollen, während der hier gebrauchte Wagen mindeſtens $508^{Kil.}$ wog, alſo für jede Stange $254^{Kil.}$ Die Stangen von 0^m0254 Breite bei 0^m0762 Dicke, welche bei einer Tragweite von 2^m745 permanent nur eine Belaſtung von $268^{Kil.}70$ hätten tragen ſollen, wurden zwar anfangs nur mit $254^{Kil.}$ pro Stange belaſtet, aber man muß bemerken, daß ſie erſt bei einer Geſchwindigkeit von 13^m10 unter einer Belaſtung von $404^{Kil.}$ im einen Fall und $372^{Kil.}$ im andern brachen. Somit folgt aus dieſen Verſuchen, daß bei den von unſeren praktiſchen Formeln gegebenen Dimenſionen die leichten Balken, wie die probirten Stangen waren, in Bezug auf die bewegliche Laſt das Paſſiren von Laſten mit einer Schnelligkeit von 13^m in der Sekunde ertragen können, welche die von uns als permanent angenommenen überſteigen. Mit noch mehr Recht braucht man alſo bei Brücken aller Art, deren Bahn und andere zugehörigen Theile das Verhältniß der Maſſe zu der Belaſtung in einer viel größeren Properzion als es bei den Verſuchen der Fall war, vermehren, den Einfluß der Geſchwindigkeit der zu tragenden Laſt nicht zu berückſichtigen. Jedenfalls zeigen dieſe Verſuche, daß über Hängebrücken und Schiffbrücken, welche beträchtlichen Biegungen unterworfen ſind, die Wagen nur im Schritte fahren ſollen. Vielleicht wäre es in gewiſſen beſonderen Fällen ſogar klug den Koefficienten R der permanenten Belaſtungen, wie er in §. 232 angegeben iſt, durch ſchwächere Werthe zu erſetzen, wie wir es ſchon für verſchiedene Konſtrukzionen, z. B. Wellen von Waſſerrädern, angegeben haben.

293. Erörterung der Reſultate dieſer Verſuche. — Um die Reſultate dieſer Verſuche der Berechnung zu unterziehen, muß man darauf Rückſicht nehmen, daß die Centrifugalkraft von der Maſſe des ſich bewegenden Körpers, von ſeiner Schnelligkeit und von dem der Biegung entſprechenden Krümmungsradius abhängt. Nun hängt aber dieſer Radius ſelbſt von dem Druck ab, an welchem die Centrifugalkraft einen oft ſehr beträchtlichen Antheil hat; die Beobachtung zeigt ferner, daß der Punkt der größten Biegung nicht in der Mitte der Stangen liegt, weßhalb ſeine Lage ſehr ſchwer genau zu ermitteln iſt. Sollte es aber auch unmöglich ſcheinen alle die Umſtände, welche bei ſolchen Bewegungen ſtattfinden, ganz genau zu beſtimmen, ſo kann man ſich doch wenigſtens durch folgende Betrachtungen annähernd davon Rechenſchaft geben.

Der Krümmungsradius r, welcher dem Druck im Zuſtand der Ruhe entſpricht, wird durch die Formel

(§. 187) $$r = \frac{EJ}{PC}$$

ausgedrückt, indem man mit 2P die Kraft bezeichnet, welche auf die Mitte der Stange drückt, und von der wir einen Theil a priori kennen, nämlich das halbe Gewicht des Wagens; $2C = 2^m745$ iſt die Totaltragweite der Stangen; E und J ſind bekannte Bezeichnungen.

Erinnert man ſich nun, daß man in dem einfachen Fall eines auf zwei Stützpunkten liegenden und in ſeiner Mitte mit dem Gewicht 2P belaſteten feſten Körpers das Verhältniß (§. 190) hat

$$f = \tfrac{1}{48}\frac{PC^3}{EJ}, \text{ woraus } \frac{EJ}{PC} = \frac{C^2}{3f},$$

Digitized by Google

so erhält man den einfachen Werth des Krümmungshalbmessers $r = \frac{C^2}{3f'}$

welcher zeigt, daß wie immer auch die Gestalt des Querprofils eines festen Körpers, dessen Gewicht im Verhältniß zu seiner Belastung nicht berücksichtigt zu werden braucht, sein möge, der Krümmungshalbmesser gleich ist dem Quadrat der halben Tragweite dividirt durch dreimal den Krümmungspfeil. Läßt man das Gewicht der Schienen im Verhältniß zu dem der Wagen unberücksichtigt, so wird die Centrifugalkraft ausgedrückt durch

$$\frac{P' v^2}{g r},$$

indem wir mit P' die Last, welche hier auf die Mitte jeder Stange drückt, oder das halbe Gewicht des Wagens, und mit v die Geschwindigkeit des Fahrens bezeichnen. Nach dem vorstehenden Werth des Krümmungsradius erhalten wir also für die Centrifugalkraft folgenden Ausdruck:

$$\frac{P' v^2}{g} \frac{}{r} = \frac{3 v^2}{g C^2} P' f.$$

Folglich könnte man leicht die Intensität der bei jedem dieser Versuche entwickelten Centrifugalkraft berechnen, wenn man den Werth der jeder Belastung entsprechenden Biegung hätte.

Zur Bestätigung der vorigen Betrachtungen muß man sich überzeugen, ob die von jeder Schiene getragene Last plus dem Werthe der auf die oben angegebene Weise berechneten Centrifugalkraft in der That die Belastung übersteigt, welche fähig ist den Körper zu brechen. Wir müssen deshalb annehmen, die Last befinde sich in der Mitte der Tragweite des festen Körpers, da ihre Stelle im Augenblicke der größten Biegung und des Bruches nicht bekannt ist; eben so wenig kennen wir den bei dem Versuch beobachteten Krümmungspfeil mit seiner entsprechenden Belastung, welcher unmittelbar dem Bruch voranging. Hieraus erhellt somit deutlich, daß der Werth der Totalkraft, den wir erhalten, geringer ist als die Kraft selbst, die den Bruch wirklich erzeugte. Hierdurch können wir uns überzeugen, ob sich die vorstehenden Betrachtungen hinlänglich den Erfahrungsresultaten nähern, um bei Gelegenheit dazu dienen zu können im voraus annäherungsweise die Wirkungen der Geschwindigkeit der Eisenbahnzüge auf die Schienen und namentlich auf die Brücken zu berechnen.

In den folgenden Tabellen sind alle Elemente der Versuche und der Berechnungen enthalten. Die in der ersten Kolumne stehenden Totalbelastungen in Kilogr. sind das Gewicht des Wagens und theilen sich in zwei gleiche Theile, um den Werth der Last $2P = P'$ zu geben, welche auf jede Schiene drückte, und welche wir in dem Augenblick betrachten, wo sie über die Mitte geht. Man hat für jede Stange das Gewicht berechnet, welches in der Mitte der Länge liegend den Bruch hervorgebracht hätte, und zwar hat man angenommen, das Gußeisen besitze eine mittlere Widerstandsfähigkeit nämlich $R_r = 32441000^{\text{Kil.}}$

Uebrigens ist es leicht einzusehen, da dieser Koefficient zwischen den einzelnen Stangen beträchtlich variiren kann, daß diese Bruchbelastung nicht vollkommen genau zu bestimmen ist.

Indem man das halbe Gewicht des Wagens zu dem für die Centrifugalkraft gefundenen Werth hinzu addirte, erhielt man den Werth der Größe

$$P' + \frac{3 v^2}{g C^2} P' f,$$

welche den etwas schwachen approximativen Werth der Totalkraft ausdrückt, die während des Fahrens auf den Körper einwirkt.

Als man die Gewichte des Wagens allmählig bis zum Bruch vermehrte und namentlich als die letzten Belastungen sehr wenig voneinander differirten, erhielt man für diese Kraft Werthe, die der Bruchbelastung im Zustand der Ruhe sehr nahe lagen. Aber als die Lasten dagegen sehr schnell vergrößert wurden, stellte sich in den meisten Fällen der Werth von $P' + \frac{3 v^2}{g C^2} P' f$ als viel größer heraus wie die Bruchbelastung im Zustand der Ruhe. In einigen anderen Fällen, wo die durch die vorletzte Belastung erzeugte Biegung sichtlich schwächer war als die durch die letzte hervorgebrachte, war die Totalkraft ein wenig geringer als die Bruchbelastung im Zustand der Ruhe; doch trat dieser Fall selten ein.

Die Zahlen, welche in der mit „Biegung im Zustand der Ruhe“ überschriebenen Kolumne stehen, sind mit Ausnahme der ersten Zahl jeder Reihe nicht durch direkten Versuch bestimmt worden. Indem die Biegung jedesmal für die schwächste Belastung beobachtet wurde, bediente man sich dieser Biegung, um alle anderen mit Hilfe der angegebenen Formeln zu berechnen. Die Unterschiede, welche man zwischen den Biegungen

Digitized by Google

der verſchiedenen Stangen von einem und demſelben Probeſtück bemerkt, geben gewiſſermaßen das Maß ihrer vergleichungsweiſen Widerſtandsfähigkeiten.

Die Verſuche der erſten Reihe wurden ſämmtlich an Stangen von 2m745 Länge und mit einem Durchſchnitt von 0m0254 bei 0m0508 angeſtellt; in der zweiten und dritten Reihe blieb die Länge dieſelbe, aber die Querdimenſionen gelangten allmählig auf 0m0254 bei 0m0762 und auf 0m1016 bei 0m8381. — In unſerer Tabelle finden ſich nur dieſe drei Reihen; ſie ſind indeſſen hinreichend, um uns über die Hauptreſultate der Verſuche der Herren James und Galton zu belehren, welche auch noch mit ſtärkeren und längeren Stangen, ſo wie mit Stangen von verſchiedenem Material und mit gekrümmten Piecen experimentirten, wie ſie ſo häufig bei gußeiſernen Brücken im Gebrauch ſind.

Verſuche der Herren James und Galton.

Erſte Reihe.

Gewicht des Wagens	Linke Stange a = 0m0254 . b = 0m0508 . 2 C = 2m745			Belaſtung jeder Stange $2P = P'$	Centrifugalkraft $\frac{3v^2}{g C^2} P' f$	Totalkraft $P' + \frac{3v^2}{g C^2} P' f$
	Biegung im Zuſtand der Ruhe	Biegung während der Bewegung	Verhältniß der Biegungen			
Geſchwindigkeit des Wagens 4m57. — Bruchbelaſtung im Zuſtand der Ruhe, berechnet für eine Stange, 516Kil.42.						
506,0	0,0223	0,0315	1,41			
566,5	0,0279	0,0432	1,54			
652,5	0,0376	0,0502	1,34			
707,0	0,0434	0,0637	1,47			
775,0	0,0530	0,0761	1,43			
850,0	"	Bruch	"	425,0	76,27	501,27
506,0	0,0218	0,0282	1,28			
566,5	0,0264	0,0358	1,33			
652,5	0,0368	0,0493	1,24			
707,0	0,0422	0,0635	1,55			
775,0	0,0515	0,0775	1,51			
811,0	0,0533	0,0895	1,68			
824,0	0,0537	0,0915	1,70			
836,0	0,0553	0,1119	1,91	419,0	73,78	491,78
506,0	0,0157	0,0186	1,19			
566,5	0,0195	0,0223	1,14			
614,0	0,0236	0,0279	1,18			
660,0	0,0272	0,0340	1,25			
707,0	0,0305	0,0447	1,47			
761,0	0,0345	0,0602	1,74			
813,0	0,0383	0,0736	1,92			
824,0	"	Bruch	"	412,0	102,8	514,8
Geſchwindigkeit des Wagens 7m31 in 1 Sekunde.						
506,0	0,0162	0,0259	1,59			
566,0	0,0203	0,0393	1,94			
614,0	0,0244	0,0685	2,81			
640,0	0,0264	0,0800	3,04			
652,0	"	Bruch	"	326	226,2	552,2
506,0	0,0165	0,0221	1,43			
566,0	0,0205	0,0279	1,35			
614,0	0,0248	0,0488	2,37			
640,0	0,0269	0,0722	2,69			
652,0	0,0276	0,0965	3,50			
664,0	0,0286	"	"			
677,0	0,0297	0,1000	3,37			
691,0	"	Bruch	"	345,5	299,7	645,2

Digitized by Google

Gewicht des Wagens	Linke Stange $a = 0^m0254$. $b = 0^m0508$. $2C = 2^m745$			Belastung jeder Stange $2P = P'$	Centrifugalkraft $\frac{3v^2}{gC^2} P'f$	Totalkraft $P' + \frac{3v^2}{gC^2} P'f$
	Biegung im Zustand der Ruhe	Biegung während der Bewegung	Verhältniß der Biegungen			
506,0	0,0187	0,0289	1,54			
566,0	0,0233	0,0372	1,59			
614,0	0,0279	0,0432	1,58			
640,0	0,0305	0,0512	1,70			
652,0	0,0315	0,0565	1,80			
664,0	0,0327	0,0612	1,87			
677,0	0,0337	0,0644	1,90			
691,0	0,0347	0,0680	1,96			
703,0	0,0360	0,0707	1,95			
716,0	0,0370	0,0780	2,11			
727,0	"	Bruch	"	363,5	246,0	609,5
	Geschwindigkeit des Wagens 8^m84 in 1 Sekunde.					
506,0	0,0241	0,0457	1,89			
566,0	"	Bruch	"	283,0	164,0	447,0
				Der Pfeil 0,0457 war viel niedriger als der, bei welchem der Bruch erfolgte.		
506,0	0,0284	0,0645	2,17			
533,0	0,0330	0,0853	2,56			
546,0	"	Bruch	"	273,0	295,4	568,4
506,0	0,0244	0,0584	2,39			
533,0	0,0274	0,0770	2,80			
546,0	"	Bruch	"	273,0	266,7	539,7
	Geschwindigkeit des Wagens 10^m006 in 1 Sekunde.					
506,0	0,0215	0,0513	2,40			
533,0	0,0238	0,0677	2,83			
546,0	"	Bruch	"	273,0	300,2	573,2
506,0	0,0205	0,0333	1,61			
533,0	0,0231	0,0472	2,05			
546,0	0,0244	0,0620	2,54			
558,0	0,0254	0,0765	3,02			
571,0	0,0264	0,0926	3,51			
583,0	"	Bruch	"	291,5	438,5	730,0
506,0	0,0330	0,0770	2,34			
519,0	"	Bruch	"	259,5	318,4	577,9
	Geschwindigkeit des Wagens 11^m950 in 1 Sekunde.					
506,0	0,0218	0,0472	2,16			
519,0	0,0238	0,0571	2,38	259,5	336,9	596,4
506,0	0,0183	0,0417	2,28			
519,0	0,0198	0,0574	2,97			
533,0	"	Bruch	"	266,5	354,6	621,1
506,0	0,0177	0,0381	2,14			
519,0	0,0188	0,0533	2,83			
533,0	0,0198	0,0586	2,76			
546,0	"	Bruch	"	273,0	370,9	643,9

Digitized by Google

Zweite Reihe.

Gewicht des Wagens	Linke Stange a = 0m0254 . b = 0m0762 . 2C = 2m745			Belastung jeder Stange 2P = P'	Centrifugalkraft $\frac{3v^2}{gC^2}P'f$	Totalkraft $P' + \frac{3v^2}{gC^2}P'f$
	Biegung im Zustand der Ruhe	Biegung während der Bewegung	Verhältniß der Biegungen			
Geschwindigkeit des Wagens 4m575 in 1 Sek. — Bruchbelastung, im Zustand der Ruhe berechnet, 1161Kil.96.						
Kil.	m.	m.				
506,0	0,0094	0,0104	1,10			
804,0	0,0175	0,0147	0,87			
1065,0	0 0259	0,0246	0,95			
1338,0	0,0363	0,0418	1,11			
1495,0	0,0441	0,0596	1,34			
1526,0	0,0457	0,0685	1,50			
1545,0	"	Bruch	"	772,5	179,8	952,3
506,0	0,0096	0,0112	1,10			
804,0	0,0180	0,0175	0,97			
1065,0	0,0267	0,0290	0,97			
1338,0	0,0383	0,0396	1,10			
1495,0	"	Bruch	"	747,5	100,6	848,1
				Die vorletzte Belastung war von der letzten zu verschieden.		
506,0	0.0073	0,0079	1,07			
804,0	0,0137	0,0154	1,11			
1065,0	0,0215	0,0211	1,04			
1338,0	0,0303	0,0381	1,26			
1495,0	0,0347	0,0469	1,35			
1545,0	0,0371	0,0564	1,52			
1569,0	0,0381	0,0673	1,76			
1578,0	"	Bruch	"	789,0	180,4	969,4
		Geschwindigkeit des Wagens 8m84 in 1 Sekunde.				
506,0	0,0081	0,0091	1,11			
804,0	0,0154	0,0193	1,26			
1065,0	0,0223	0,0345	1,52			
1209,0	0,0272	0,0462	1,70			
1251,0	0,0289	0,0523	1,80			
1282,0	0,0299	0,0549	1,83			
1308,0	0,0310	0,0576	1,86			
1332,0	0,0319	0,0640	2,00			
1396,0	0,0330	0,0678	2,05			
1430,0	"	Bruch	"	715,0	615,0	1330,0
506,0	0,0106	0,0137	1,28			
804,0	0,0200	0,0302	1,50			

Digitized by Google

Gewicht des Wagens	Linke Stange $a = 0^m0254$. $b = 0^m0762$. $2C = 2^m745$			Belastung jeder Stange $2P = P$	Centrifugalkraft $\frac{3v^2}{gC^2} P \cdot f$	Totalkraft $P + \frac{3v^2}{gC^2} P \cdot f$
	Biegung im Zustand der Ruhe	Biegung während der Bewegung	Verhältniß der Biegungen			
Kil.	m.	m.				
1065,0	0,0292	0,0507	1,75			
1338,0	"	Bruch	"	669,0	430,3	1099,3
506,0	0,0084	0,0172	1,57			
804,0	0,0157	0,0223	1,42			
1065,0	0,0231	0,0404	1,75			
1338,0	0,0332	0,0702	2,07			
1362,0	"	Bruch	"	681,0	606,5	1287,5
Geschwindigkeit des Wagens 11^m00 in 1 Sekunde.						
506,0	0,0099	0,0175	1,71			
804,0	0,0185	0,0284	1,53			
1065,0	0,0272	0,0528	1,94			
1135,0	"	Bruch	"	562,5	583,5	1146,0
506,0	0,0086	0,0127	1,47			
804,0	0,0157	0,0277	1,75			
1065,0	0,0128	0,0482	2,05			
1088,0	"	Bruch	"	544,0	515,5	1059,5
506,0	0,0124	0,0182	0,47	Die beiden letzten Belastungen sind allzu different.		
804,0	0,0236	0,0332	1,42			
1065,0	"	Bruch	"			
Geschwindigkeit des Wagens 13^m10 in 1 Sekunde.						
506,0	0,0086	0,0112	1,29			
804,0	0,0157	0,0236	1,50			
938,0	0,0193	0,0396	2,04			
989,0	"	Bruch	"	494,5	545,5	1040,0
506,0	0,0068	0,0152	1,92			
804,0	0,0129	0,0272	2,10			
938,0	0,0155	0,0475	3,07			
962,0	"	Bruch	"	481,0	636,5	1117,5
506,0	0,0061	0,0096	1,58	0,0066	0,0127	1,92
804,0	0,0114	0,0218	1,90	0,0127	0,0259	2,04
938,0	0,0134	0,0330	2,35	0,0150	0,0355	2,36
989,0	0,0152	0,0470	3,09	0,0165	0,0508	3,00
1097,0	"	Bruch	"	"	"	"

Digitized by Google

Dritte Reihe.

Gewicht des Wagens	Linke Stange $a = 0^m1016$. 0^m8381 . $2C = 2^m745$			Belaſtung jeder Stange $2P = P'$	Centrifugalkraft $\frac{3v^2}{gC^2} P' f$	Totalkraft $P' + \frac{3v^2}{gC^2} P' f$
	Biegung im Zuſtand der Ruhe	Biegung während der Bewegung	Verhältniß der Biegungen			
Geſchwindigkeit des Wagens 4^m575 in 1 Sek. — Bruchbelaſtung, im Zuſtand der Ruhe berechnet, 1161Kil.8.						
Kil.	m.	m.				
506,0	0,0109	0,0160	1,46			
805,0	0,0213	0,0343	1,64			
1065,0	0,0322	0,0508	1,57			
1340,0	0,0477	0,0970	2,01			
1450,0	0,0550	0,1179	2,14			
1472,0	0,0566	0,1230	2,17			
1500,0	"	Bruch	"	750,0	313,4	1063,4
506,0	0,0144	0,0198	1,36			
805,0	0,0279	0,0368	1,32			
1065,0	0,0434	0,0536	1,29			
1340,0	0,0645	0,1043	1,62			
1492,0	0,0770	0,1230	1,59	746,0	311,8	1057,8
Geſchwindigkeit des Wagens 8^m84 in 1 Sekunde.						
506,0	0,0188	0,0274	1,45			
804,0	0,0365	0,0517	1,42			
938,0	0,0462	0,0740	1,43			
1065,0	0,0561	0,1050	1,87			
1210,0	Die beiden Stangen brachen.			605,0	805,9	1410,9
506,0	0,0152	0,0256	1,68			
804,0	0,0294	0,0550	1,87			
1065,0	0,0457	0,0942	2,06			
1210,0	"	Bruch	"	605,0	723,0	1328,0
Geſchwindigkeit des Wagens 11^m00 in 1 Sekunde.						
506,0	0,0132	0,0241	1,82			
804,0	0,0254	0,0556	2,19			
934,0	0,0320	0,0985	3,08			
985,0	"	Bruch	"	492,5	953,2	1445,7
506,0	0,0147	0,0313	2,11			
804,0	0,0284	0,0789	2,78			
934,0	Die beiden Stangen brachen.			467,0	723,8	1190,8
Geſchwindigkeit des Wagens 13^m10 in 1 Sekunde.						
506,0	0,0160	0,0391	2,45	Dieſe beiden Belaſtungen ſind allzu		
805,0	Die beiden Stangen brachen.			differeut.		
506,0	0,0127	0,0325	2,56			
636,0	0,0155	0,0587	3,35			
690,0	0,0195	0,0809	4,13	Die rechte Stange brach.		
742,0	0,0216	0,1115	5,14	371,0	1152,5	15,23,5

Digitized by Google

294. Folgerungen aus dieſen Verſuchen. — Die Reſultate beweiſen, daß in den meiſten Fällen die Totalkräfte, welche aus dem halben Gewicht des Wagens und der Centrifugalkraft zuſammengeſetzt ſind, die Bruchbelaſtung im Zuſtand der Ruhe erreicht oder überſchritten haben, wodurch die Wirkung der Centrifugalkraft bei dem ſchnellen Fahren eines Trains in das hellſte Licht geſetzt wird. Bei den größten Geſchwindigkeiten des Verſuchs erreicht die Intenſität der Centrifugalkraft nicht nur das doppelte Gewicht des Wagens, ſondern überſchreitet es ſogar bedeutend. Da die Centrifugalkraft ausgedrückt wird durch $\frac{3\,v^2}{g\,C^2}\,P\,f$, ſo muß ſie, wie man bereits weiß, bei gleicher Belaſtung offenbar dem Quadrat der Geſchwindigkeit und überdies dem Krümmungspfeil proporzional ſein. Hieraus folgt, daß man bei Konſtrukzionen, wo es im Intereſſe liegt, dieſe Wirkung der Centrifugalkraft zu vermindern, wohl daran thut, diejenigen Materialien und Formen zu wählen, die bei derſelben Belaſtung die geringſten Biegungen ergeben. Man muß mithin diejenigen Materialien vorziehen, deren Elaſticitätskoefficient E den größten Werth hat; deshalb wird man eher das Schmiedeiſen als das Gußeiſen und das Holz wählen.

Veränderung der Wagenachſen.

295. Veränderung der Wagenachſen bei längerem Dienſt. — Durch den Bruch einer Lokomotiv- oder ſelbſt einer Wagenachſe werden die ernſtlichſten Unglücksfälle herbeigeführt, und ſchon lange hat man daran gedacht, eine beſtimmte durchlaufene Wegſtrecke anzunehmen, nach welcher alle Achſen eines Eiſenbahnmaterials reparirt oder ſorgfältig unterſucht werden müſſen. Ein ſolches Maß erleidet von Seiten der Ingenieure, welche mit den Maſchinen und Waggons betraut ſind, manchen Einwurf, indem es bedeutende Koſten und Kontrolen erheiſchen würde; aber das öffentliche ſo wie das Intereſſe der Eiſenbahngeſellſchaften ſelbſt erfordert es, die Frage ſorgſam zu beleuchten und alsdann alle erforderlichen Maßregeln zu ergreifen. Um mich über dieſe wichtige Frage zu belehren, habe ich mich an zwei vollkommen kompetente Männer gewandt, deren lange Erfahrung ihrer Anſicht ſowohl als ihren Beobachtungen eine beſondere Autorität verleiht. Es iſt dies Herr Marcoux und Herr Arnoux, beide ehemals Artillerieofficiere, jetzt aber beide bei dem Poſtweſen angeſtellt. Ich laſſe ihre Mittheilung an mich über dieſen Gegenſtand hier wörtlich folgen.

296. Die Wagenachſen auf den gewöhnlichen Straßen, von Marcoux. — „Mehrere ausgezeichnete Ingenieure ſind der Anſicht, daß bei allzu langem Dienſt der Achſen von ſehr ſchnell auf gewöhnlichen Straßen fahrenden Wagen die Beſchaffenheit des Eiſens verdorben wird und daß ſeine faſrigen Theile ſich in ein grobkörniges Gefüge mit glänzenden Facetten verwandeln, wie man es bei Eiſen von ſchlechter Qualität findet. Tägliche Beobachtungen, die ich über 12 Jahre hindurch bei den Malleposten anſtellte, haben mich belehrt, daß ſich das Eiſen der Achſen, die bereits eine längere Zeit gedient haben, nicht auf dieſe Art verändert und daß man bei einem kalten Bruch dieſes Eiſens weder in der Textur noch in der Größe des Korns weſentliche Veränderungen antrifft. Ich glaube nicht, daß man an anderen Wagen bündigere Verſuche anſtellen kann, da die Malleposten auf den gewöhnlichen Straßen ſchneller wie irgend ein anderer Wagen fahren. Trotzdem habe ich bei ſämmtlichen während 12 Jahren im Dienſte gebrochenen Achſen keine weſentliche Veränderung des Eiſens beobachtet.“

„Man darf indeſſen aus meinen Behauptungen nicht etwa den Schluß ziehen, als verändere ſich das Eiſen der Achſen bei allzu langem Gebrauche nicht. Ich glaube im Gegentheil, daß durch die Vibrazionen, welche die Achſen bei großen Schnelligkeiten erleiden, das Eiſen verdorben wird, ohne daß indeſſen die Textur ſich merklich verändert; ich bin überzeugt, daß die Achſen nach einem allzu langen Dienſt weniger widerſtandsfähig werden, und deshalb habe ich bei den Malleposten verordnet, daß die Wagenachſen, nachdem ſie eine Strecke von 60000 Kilometer durchlaufen haben, erneuert werden müſſen.“

„Ich wiederhole es, die Textur wird nicht verändert, aber die Vibrazionen tragen dazu bei, die Achſen zu brechen. Ich habe die Bemerkung gemacht, daß gut gearbeitete Achſen aus Eiſen von guter Qualität brechen, nachdem ſie 60000 bis 80000 Kilom. durchlaufen hatten, indem ſich unter dem Hals der Achsſchenkel kleine Riſſe bilden, welche ſich ſchwer erkennen laſſen, ohne daß man das Eiſen der Achsſchenkel erhitzt; bleiben dieſe Riſſe, welche zur Zeit ihres Entſtehens wenig Tiefe haben, unbemerkt, ſo brechen die Achſen an dieſer

Digitized by Google

Stelle, ſobald jene 10 bis 15 Millim. in den Durchſchnitt der Achsſchenkel eingedrungen ſind. Ich bin der Anſicht, daß ſich dieſe Riſſe nach einem langen Dienſte bilden, daß ſie durch die Vibrazionen der Achſen entſtehen und daß der Vorgang hierbei derſelbe iſt wie bei einem Eiſendraht, den man durch mehrmaliges Biegen in verſchiedenen Richtungen bricht. Erleidet ein Eiſendraht in einer bedeutenden Länge nur ſchwache Biegungen, ſo bricht er nicht, und dieſe Wirkungen bringen die Vibrazionen auf den Körper der Achſe hervor. Preßt man aber den Eiſendraht in einen Schraubſtock und biegt ihn mehrmals in entgegengeſetzten Richtungen, ſo verlängert ſich das Eiſen auf der einen und ſtaucht ſich auf der anderen Seite, und der Draht bricht am Schraubſtock ab, gerade wie die Achſen am Hals der Achsſchenkel brechen."

Die Figuren 63, 64, 65 zeigen die allmählige Vergrößerung der an den Achſen der Malleposten beobachteten Riſſe.

297. Mittheilung von Arnoux. — „Die etwas häufigen Brüche der Achſen von Poſtwagen ſind alt und haben lange Zeit gedauert. Seit jener Zeit, wo man in Folge der geraden Federn die Wagen mit drei Kaſten baute, ſie mehr belaſtete und ihnen in Uebereinſtimmung mit der Verbeſſerung der Straßen eine größere Schnelligkeit zumuthete, haben ſich derartige Unglücksfälle vermehrt. Im Durchſchnitt kann man auf 120000 bis 160000 Kilomet. einen Bruch annehmen. Von drei Wagenachſen brechen zwei vordere und eine hintere. Bei den erſteren erfolgt der Bruch in der Regel in dem Drittel ihrer Länge zwiſchen beiden Rädern, bei den letzteren ſtets an dem Hals oder an dem Anfang der Achsſchenkel. Bei beiden liegen dieſe Punkte ſehr nahe an denjenigen, auf welchen die Laſt ruhte. In der Meſſagerie macht man die Achſen aus mit Holzkohle erzeugtem gegerbten nervigen Eiſen oder aus mit Holzkohle erzeugtem Gußeiſen."

„In allen Fällen bot der Bruch den nämlichen Anblick dar; an der vorderen und unteren Achſenkante, wo dieſe am meiſten angeſtrengt wird, zeigte ſich ein kleiner Riß, welcher durch die doppelte Wirkung der Laſt und des Zuges entſteht. Dieſer Fleck dehnte ſich zonenförmig aus und hatte ein kleines feines Korn wie Gußſtahl; nachdem er das zweite Drittel des Durchſchnitts erreicht hatte, brach der Reſt mit einem mehr oder weniger faſrigen Anſehen (Fig. 66)."

„Es war Gebrauch die Wagen nach einem Jahre Dienſt einer Reparatur zu unterziehen und die Achsſchenkel bei der zweiten Reparatur zu verſtärken; eine Operazion, welche die Abnutzung der Achsſchenkel und namentlich der Stoßſcheiben nothwendig machte; man begnügte ſich aber mit dieſer Reparatur, indem man alsdann annahm, die älteſten ſeien die beſten, da der Körper der Achſe ſich nicht abnutze, und dieſen Körper brachte man nie in das Feuer, außer wenn man ſeine Form oder ſeine Kraft modificiren wollte. Die Wagen machten im Durchſchnitte 80 bis 100 Kilom. täglich mit Inbegriff der Ruhe, und folglich gehörte eine durchlaufene Strecke von 60000 bis 70000 Kilom. dazu, ehe man die Achſen anrührte. Die Nothwendigkeit das todte Gewicht der Wagen beſtändig zu vermindern bewog uns die Stärke, welche der Gebrauch für die Achſen beſtimmt hatte, zu verringern. Sie bogen ſich und wir mußten ihnen faſt ihr altes Gewicht wiedergeben. Dieſe Operazion (rembarrage genannt) beſtand darin, daß man eine Stange der ganzen Länge der Achſe nach mit dieſer zuſammenſchweißte. Dergeſtalt wurden zu gleicher Zeit die allzu ſchwachen Achſen durch eine Stange und die Achsſchenkel der alten Achſen ebenfalls verſtärkt. Beide hatten ein verſchiedenes Zeichen. Bald machten wir die Bemerkung, daß keine gebrochene Achſe das Zeichen der „rembarrage" trug, während nur die verſtärkten Achſenſchenkel brachen. Wir mußten daraus ſchließen, daß ſich durch den Gebrauch die Achſenkörper verändern, und ſogleich höcte die zweite Methode auf. In dem Maße als unſere verſtärkten Achſenſchenkel verſchwanden, verminderten ſich die Unglücksfälle."

„Noch eine andere Beobachtung war auffallend. Als wir die großen Lenkſchemel anwandten, ruhte die Laſt, anſtatt zwei Drittel der Länge zwiſchen den Achsſchenkeln einzunehmen, ſowohl auf den Achsſchenkeln wie auf den Hinterachſen, und ſeitdem brachen die Vorderachſen nicht mehr als die anderen. Ehe alle Achſen durch eine Stange verſtärkt wurden, was mehr koſtete als die einfachere Operazion der Verſtärkung der Achsſchenkel, machten wir den Verſuch den Körper in den Ofenſchlacken auszuglühen; der Verſuch gelang wohl einigermaßen, aber nicht hinlänglich."

„Es iſt anzunehmen, daß die Grenze von durchlaufenen 70000 Kilom., bei welcher die Achſe aufhören ſoll zuverläſſig zu ſein, und die mit der Laſt,

Digitized by Google

mit der Beſchaffenheit der Straße und mit der Schnelligkeit variirt, eine weitere iſt; da aber nach dieſer Zeit die Achsſchenkel hinlänglich abgenutzt ſind, um eine Reparatur zu erheiſchen, ſo haben wir die nämliche Operazion angeſtellt, die uns vor Irrthümern ſicherte, und wie ſich herausſtellte, mit Recht, denn ſeit 7 bis 8 Jahren haben unſere großen Wagen keine Achſe gebrochen. Wenn dies bei den kleinen nicht der Fall war, ſo iſt ein anderer Umſtand daran Schuld. Bei den kleinen Achſen hat man den Fehler begangen dem Körper der Achſe, da wo er in die Achsſchenkel übergeht, zu viel Stärke zu geben; die Folge davon war, daß viele Achsſchenkel an ihrer Urſprungsſtelle brachen."

„Als allgemeine Regel haben wir bemerkt, daß auf gepflaſterten Straßen die Achſen bekanntermaßen geringern Dienſt thun als auf anderen."

„Um die Konſtrukzion zu erleichtern, haben wir das Einlaſſen der Achſen eingeführt (Fig. 54 und 55); die Achſen liegen nämlich in einer Art von ziemlich dünner Büchſe, wodurch der Fortpflanzung der Vibrazionen vorgebeugt wird."

„Im Allgemeinen haben wir aus unſeren Beobachtungen folgende Schlüſſe gezogen. 1. Der Gebrauch verändert die Beſchaffenheit der Achſe und macht ſie brüchig. 2. Ohne die Dauer einer Achſe genau zu beſtimmen, kann man als niederſte Grenze 70000 Kilom. annehmen. 3. Das Gewicht einer Achſe kann auf $^1/_{25}$ bis auf $^1/_{40}$ des von ihr zu tragenden Gewichts geſchätzt werden. 4. Bei der Form ſind plötzliche Dimenſionsveränderungen zu vermeiden. 5. Scharfe einwärts gehende Winkel ſind zu vermeiden, namentlich an dem Anfang der Achsſchenkel, da dieſe hier gerne brechen. 6. Das ſicherſte Mittel zur Wiederherſtellung der Aggregazion iſt das Umſchmieden der Achſen; hierdurch werden dieſe wieder ſo, als wären ſie noch nicht gebraucht worden."

„Zahlreiche neue und durch Stangen verſtärkte Achſen wurden der Wirkung der Ramme unterzogen, um ihren Bruch zu beſtimmen; ſelten aber brachen ſie. Andere dagegen, die ſchon gebraucht worden waren, öffneten ſich zuerſt und brachen dann, indem ſie mehr oder weniger deutlich den oben ausgeſprochenen Anblick gewährten."

Zimmerwerk.

298. Allgemeine Betrachtungen. — Die obigen Betrachtungen haben hinlänglich erwieſen, wie wichtig die Folgerungen aus der theoretiſchen und praktiſchen Prüfung der Widerſtandsfähigkeit der Materialien bei allen erheblichen Konſtrukzionen ſind; nirgends aber finden dieſe Betrachtungen eine häufigere Anwendung als bei dem Zimmerwerk von allen möglichen Dimenſionen. Wir wollen dieſen Gegenſtand in allen ſeinen Einzelheiten unterſuchen und uns vornehmlich an die eiſernen Konſtrukzionen halten, die täglich mehr Platz greifen.

Vertheilung der Kräfte und praktiſche Angaben.

299. Gleichgewichtsverhältniſſe der geneigten Piecen: eine geneigte Piece, mit einem Ende eingelaſſen und mit dem anderen der reſp. horizontalen und vertikalen Kraft P und Q unterworfen. — Das allgemeine Verhältniß aus §. 137

$$R = \frac{T}{A} \pm \frac{Mv'}{J} \text{ oder } R = \frac{T}{A} \pm \frac{Mv'}{J}$$

gilt für dieſen Fall, wenn wir für M die Summe der Momente der äußeren Kräfte P und Q im Verhältniß zum Einlaſſungsdurchſchnitt ſetzen und indem wir die Momente der Kräfte, welche die Biegung in einer Richtung zu erzeugen ſuchen, als poſitiv, und diejenigen, welche die Drehung in der entgegengeſetzten Richtung anſtreben, als negativ nehmen. Auch muß man ſich überzeugen, ob die am meiſten verlängerten oder verkürzten Faſern von den Kräften, welche die Biegung hervorbringen, und von denjenigen, welche in der Richtung der Länge wirken, in gleicher Richtung beeinflußt werden.

Wird z. B. eine Piece AB von der Länge C, die wir als eingelaſſen in B (Fig. 62) betrachten, zwei Kräften P und Q unterworfen, die mit der Richtung der Piece die Winkel a und b machen, und nennt man C' den Hebelarm der Kraft P im Verhältniß zum Punkt B, und h den Hebelarm der Kraft Q im Verhältniß zum nämlichen Punkt, ſo ſind die Komponenten der Kräfte P und Q, ſenkrecht zu ſeiner Länge, $P \sin a = P \frac{C'}{C}$ und $Q \sin b = Q \frac{h}{C}$, und die Summe ihrer Momente im Verhältniß zum Einlaſſungsdurchſchnitt B iſt

$$M = (P \sin a - Q \sin b)\, C = P C' - Q h;$$

und die von ihnen erzeugte Biegung iſt alſo

$$f = \frac{P \sin a - Q \sin b}{3 E J} C^3 = \frac{P C' - Q h}{3 E J} C^2.$$

Digitized by Google

Was die Komponenten betrifft, die in der Richtung der Länge des feſten Körpers wirken, ſo ſieht man ſogleich, wenn man $AP = P$ und $AQ = Q$ ſetzt und die reſp. Parallelogramme konſtruirt, daß ſie durch die Längen AE und AF dargeſtellt werden, und daß man durch die Aehnlichkeit der Dreiecke der Figur das Verhältniß erhält

$$C : AH = P : AE = \frac{P \times AH}{C} = P \cos a$$

und $$C : AD = Q : AF = \frac{Q \times AD}{C} = Q \cos b;$$

ihre Summe, welche die Kompreſſion der Piece anſtrebt, iſt alſo

$$T = \frac{P.AH + Q.AD}{C} = P \cos a + Q \cos b;$$

folglich erhält man hier für das Gleichgewichtsverhältniß der Stabilität

$$R = \frac{P \cos a + Q \cos b}{A} + \frac{P \sin a - Q \sin b}{J} C v'$$

$$= \frac{Ph + QC'}{CA} + \frac{(PC' + Qh)\, v'}{J}.$$

In gewiſſen Fällen kann man eine der Kräfte oder ihre Richtung beſtimmen, ſo daß die Biegung und folglich die durch die normalen Komponenten hervorgebrachte Extenſion oder Kompreſſion Null iſt. Man braucht nur $P \sin a = Q \sin b$ oder $PC' = Qh$ zu ſetzen. Dies gilt vornehmlich für die Dachſtuhlſtreben mit eiſernen Zugbändern, deren Neigung oder Spannung variiren kann.

In dem Fall (Fig. 67), wo die Kraft P vertikal iſt und Q horizontal, iſt $AD = C'$ die Horizontalprojekzion der Piece und $AH = h$ ihre Vertikalprojekzion; cos a iſt mithin $= \sin b$, $\sin a = \cos b$ und folglich $f = \frac{P \sin a - Q \cos a}{3EJ} C^3 = \frac{PC' - Qh}{3EJ} C^2$,

$$R = \frac{P \cos a + Q \sin a}{A} + \frac{P \sin a - Q \cos a}{J} C v'$$

oder $$R = \frac{Ph + QC'}{CA} + \frac{PC' - Qh}{J} v'.$$

300. Geneigter feſter Körper, in B eingelaſſen und zwei Kräften P und Q, von denen die eine vertikal, die andere horizontal auf ſein Ende drückt, und einer gleichmäßig auf ſeine Länge im Betrag von $p^{Kil.}$ pro laufenden Meter vertheilten Belaſtung unterworfen iſt. — Wirkt in dieſem Fall, wie die Figur 68 angibt, die gleichmäßige Belaſtung in entgegengeſetzter Richtung wie die Kraft P, ſo iſt die Summe der Momente der äußeren Kräfte im Verhältniß zum Einlaſſungsdurchſchnitt

$$(P \sin a - Q \cos a)\, C - p \sin a \, \frac{C^2}{2}$$

oder $$(Q \cos a - P \sin a)\, C + p \sin a \, \frac{C^2}{2};$$

dieſe Werthe laſſen ſich auch folgendermaßen ſchreiben

$$PC' - Qh - \frac{pCC'}{2} \text{ oder } Qh - PC' + \frac{pCC'}{2},$$

je nach der reſp. Größe der in der Gleichung eintretenden Ausdrücke. Für das Gleichgewichtsverhältniß der Stabilität leitet man mit Berückſichtigung der Komponenten, welche die Piece zu komprimiren oder zu verlängern ſuchen, ab

$$R = \frac{Ph + QC' - pCh}{CA} + \frac{PC' - Qh - \frac{pCC'}{2}}{J} v'$$

oder $$R = \frac{P \cos a + Q \sin a - pC \cos a}{A} + (P \sin a - Q \cos a - \tfrac{1}{2} p C \sin a) C \frac{v'}{J}.$$

Die Biegung ergibt ſich aus den im §. 190 enthaltenen Regeln. In der That iſt die Reſultante der Kräfte P und Q, ſenkrecht zur Länge der Piece, $P \sin a - Q \cos a = \frac{PC' - Qh}{C}$, und ſie erzeugt eine Biegung gleich $\frac{1}{3} \frac{(P \sin a - Q \cos a)}{EJ} C^3 = \frac{1}{3} \frac{PC' - Qh}{EJ} C^2$ von unten nach oben, wenn $P \sin a > Q \cos a$ oder $PC' > Qh$ iſt, oder gleich $\frac{1}{3} \frac{(Q \cos a - P \sin a)\, C^3}{EJ} = \frac{1}{3} \frac{Qh - PC'}{EJ} C^2$ von oben nach unten, wenn $Q \cos a > P \sin a$ oder $Qh > PC'$ iſt. Die Komponenten der ſenkrecht auf die Länge der Piece gleichmäßig vertheilten Belaſtung kommen einer Laſt $p \sin a = \frac{pC'}{C}$ pro laufenden Meter gleich, die ſenkrecht auf die Länge drückt, und erzeugen eine Biegung, die ausgedrückt wird durch $\frac{1}{8} \frac{p \sin a\, C^4}{EJ} = \frac{1}{8} \frac{pC'C^3}{EJ}$; die definitive Biegung iſt alſo

$$f = \frac{C^3}{3EJ} [(P \sin a - Q \cos a) + \tfrac{3}{8} p C' \sin a] = \frac{C^3}{3EJ} (PC' - Qh + \tfrac{3}{8} pCC')$$

oder $$f = \frac{C^3}{3EJ} [(Q \cos a - P \sin a) - \tfrac{3}{8} p C' \sin a] = \frac{C^3}{3EJ} (Qh - PC' - \tfrac{3}{8} pCC').$$

301. Anwendung. — Die Formeln beziehen ſich insbeſondere auf Zimmerwerk und namentlich auf

Digitized by Google

Dachſtuhlſtreben. Hat ein Zimmerwerk der Art ſeinen Gleichgewichtszuſtand erreicht und geben die Verbindungen nicht mehr nach, ſo kann man die Dachſtuhlſtreben betrachten, als ſeien ſie mit ihren oberen Enden eingelaſſen und mit den anderen der Reakzion der Schwelle und der des Spannbalkens unterworfen. In dieſem Fall iſt p das Gewicht des Daches mit Inbegriff der Sparren, der Dachſtuhlpfetten, der Dachſtuhlſtrebe ſelbſt, des Gewichts des Schnees und des Drucks des Windes, welchen das Dach aushalten muß. Die vertikale Kraft P, welche durch die Reakzion der Schwelle entſteht, iſt gleich p C, wenn es ſich um eine Dachſtuhlſtrebe von der Länge C handelt.

Die horizontale Kraft Q (Fig. 68) iſt gleich und entgegengeſetzt der Kraft, welche die Dachſtuhlſtrebe nach außen zu treiben ſuchen würde, und folglich erhält man, wenn man annimmt, daß das Ende der Strebe ſeine Stelle nicht verlaſſen darf, die Gleichung

$$f = \frac{C^3}{3EJ}\left(-p\,C\sin a + Q\cos a + \tfrac{3}{8}\,p\,C\sin a\right) = 0$$

oder $$f = \frac{C^3}{3EJ}\left(-p\,C\,C' - Q\,h + \tfrac{3}{8}\,p\,C\,C'\right) = 0,$$

woraus für die Bedingung, daß die Biegung Null ſei, folgt $Q\cos a = \tfrac{3}{8}\,p\,C\sin a$ und $Q = \tfrac{3}{8}\,p\,C\tang a$ oder $Q\,h = \tfrac{3}{8}\,p\,C'$, $Q = \tfrac{3}{8}\,\frac{p\,C\,C'}{h}$.

Man leitet ſomit für die Bedingung der Stabilität ab

$$R = \frac{p\,C\cos a + \tfrac{3}{8}\,p\,C\,\frac{\sin a}{\cos a}\sin a - p\,C\cos a}{A} -$$

$$- \left(p\,C\sin a - \tfrac{3}{8}\,p\,C\sin a - \tfrac{1}{2}\,p\,C\sin a\right)C\,.\,\frac{v'}{J},$$

woraus $$R = \frac{5}{8}\,\frac{p\,C\,(1-\cos^2 a)}{A\cos a} + \tfrac{1}{8}\,p\sin a\,.\,C^3\,.\,\frac{v'}{J}$$

$$= p\,C\left(\tfrac{3}{8}\,\frac{1-\cos^2 a}{A\cos a} + \tfrac{1}{8}\,C\sin a\,.\,\frac{v'}{J}\right)$$

oder $$R = \tfrac{3}{8}\,\frac{p\,C\,C'^2}{A\,h\,C} + \tfrac{1}{8}\,p\,C\,C'\,\frac{v'}{J} = p\,C$$

$$\left(\tfrac{3}{8}\,\frac{C'^2}{AhC} + \tfrac{1}{8}\,C'\,\frac{v'}{J}\right),$$

inſofern nämlich $1-\cos^2 a = \sin^2 a = \frac{C'^2}{C^2}$ iſt.

302. Bemerkung über das Verhältniß, welches die Biegung f gleich Null macht. — Die Bedingung, daß die Lageveränderung des Fußes A der geneigten Piece Null ſei, iſt bei dem hölzernen Zimmerwerk durch den Widerſtand des Zugbandes oder Spannriegels erfüllt, mit dem die Dachſtuhlſtrebe verbunden und verbolzt und durch ein eiſernes Band vereinigt iſt. Iſt das Zugband von Eiſen und iſt der Winkel, den es mit der Dachſtuhlſtrebe macht, gegeben, ſo reſervirt man ſich das Mittel die Spannung Q zu vergrößern, ſo daß die Bedingung, welche in dem Verhältniß $Q = \tfrac{3}{8}\,p\,C\tang a = \tfrac{3}{8}\,\frac{p\,C\,C'}{h}$ liegt, erfüllt wird. Hier muß bemerkt werden, daß das eiſerne Zugband dieſe Spannung nicht ganz erhalten kann, ehe das Dach aufgeſetzt iſt, weil alsdann eine Kraft erwachſen würde, die die Verbindung der Dachſtuhlſtreben nach der Spitze zu aufzulockern ſuchte, es müßte denn dieſe Verbindung im voraus ſehr ſtark befeſtigt worden ſein. Man muß dieſe Spannung allmählig vergrößern, in der Art, daß man dieſe Spitze um ſo viel hebt als ſie in den erſten Augenblicken von der Laſt niedergedrückt wird. Hat man indeſſen zur Vereinigung der Dachſtuhlſtreben an ihrer Spitze gut eingerichtete gußeiſerne Schuhe angewandt, ſo kann man von Anfang an und vor dem Aufrichten das Zugband kräftig ſpannen, bis die Dachſtuhlſtreben eine Biegung erlangen, die derjenigen gleich und entgegengeſetzt iſt, welche durch die auf den Körper gleichmäßig vertheilte Belaſtung erzeugt wird. Dieſe Biegung der Dachſtuhlſtrebe, welche durch die Spannung des Zugbandes $Q = \tfrac{3}{8}\,p\,C\tang a = \tfrac{3}{8}\,\frac{p\,C\,C'}{h}$ bewirkt wird, iſt gleich

$$f = \frac{C^3}{3EJ}\,.\,\tfrac{3}{8}\,p\,C\sin a = \tfrac{3}{24}\,.\,\frac{C^3}{EJ}\,p\,C\sin a$$

$$= \tfrac{3}{24}\,\frac{C^3}{EJ}\,.\,p\,C^3.$$

Hat man folglich dieſe Biegung im voraus berechnet, ſo kann man leicht vor der Aufrichtung des Dachſtuhls die Zugbänder in dem Grade ſpannen, welcher zur Erzeugung dieſer Biegung der Dachſtuhlſtreben erforderlich iſt, und werden ſie alsdann belaſtet, ſo hebt ſich dieſe Biegung theilweiſe oder auch ganz auf.

303. Anwendungen. — Bei den hölzernen Dachſtuhlſtreben, die einen rechteckigen Querſchnitt haben, iſt $A = a\,b$ und (nach §. 142) $\frac{v'}{J} = \frac{6}{ab^2}$, und der Faktor $\tfrac{3}{8}\,\frac{1-\cos^2 a}{\cos a} = \tfrac{3}{8}\,\frac{C'^2}{h\,C}$ iſt immer klein genug, daß man in der Praxis ohne erheblichen Irrthum ſeinen mittleren Werth dafür ſubſtituiren kann. In der That ſind die Neigungen der Dächer, welche

Digitized by Google

am meiſten gang und gäbe ſind, bei flachen aufgehängten Ziegeln $a = 45°$ und $a = 57°$ und bei trocken aufgelegten Hohlziegeln $a = 63°$. Nun ergeben ſich für den Faktor die folgenden Werthe, je nachdem

a gleich iſt 45°, 57°, 63°,

$$\frac{5}{8}\,\frac{1-\cos^2 a}{\cos a} = \frac{5}{8}\,\frac{C'^2}{h\,C}\,; \quad 0{,}442,\ 0{,}807,\ 1{,}093;$$

die Durchſchnittszahl hiervon iſt 0,7807 oder 0,781. Für eine Dachſtuhlſtrebe von jedem beliebigen Durchſchnitt wäre alſo

$$R = p\,C\left(\frac{0{,}781}{A} + \frac{1}{4}\,\frac{C'\,v'}{J}\right),$$

vorausgeſetzt, daß C ſin a die Projekzion C' der Dachſtuhlſtrebe oder der Hälfte der Totaltragweite 2 C' des Dachſtuhls iſt. Hat nun die Strebe einen rechteckigen Durchſchnitt, ſo iſt alſo

$$R = p\,C\left(\frac{0{,}781}{a\,b} + \frac{3}{4}\,\frac{C'}{a\,b^2}\right);$$

folglich $$a\,b^2 = \frac{p\,C}{R}\,(0{,}781\,b + \frac{3}{4}\,C') = \frac{p\,C}{R}\,(0{,}781\,b + 0{,}75\,C').$$

Das Produkt p C iſt, wie bereits erwähnt, das Totalgewicht des Daches mit Inbegriff des Gewichts der Dachſtuhlſtrebe, welches man zuerſt approximativ beſtimmt.

Setzt man $R = 700000$ Kil., welchen Werth der Obriſt Ardant *) annimmt, ſo erhält man die praktiſche Formel

$$a\,b^2 = p\,C\,(0{,}00000112\,b + 0{,}00000107\,C')$$

für das gewöhnliche Zimmerwerk, wo die Balken nicht ſcharfkantig und ſehr trocken ſind; ſind dieſe aber beſchlagen und ausgeſucht, ſo kann man ganz wohl $R = 800000$ Kil. ſetzen, und erhält alsdann die Formel

$$a\,b^2 = p\,C\,(0{,}000000976\,b + 0{,}0000009375\,C').$$

Wendet man endlich ſcharfkantige ausgeſuchte Balken an, ſo kann man ſogar $R = 1000000$ Kil. ſetzen, und erhält alsdann die praktiſche Formel

$$a\,b^2 = p\,C\,(0{,}000000781\,b + 0{,}00000075\,C').$$

Dieſe Formeln gelten für Dachſtuhlſtreben einfacher Dachſtühle mit hölzernen Zugbändern, für die oberen Dachſtuhlſtreben der Dachſtühle nach Palladio, ſo wie für die Streben der Dachſtühle mit ſchmiedeiſernen Zugbändern.

Wir wollen das Obige auf die gebräuchlichſten Fälle anwenden, vorher aber müſſen wir die Laſt pro Längenmeter der Dachſtuhlſtrebe beſtimmen.

304. Laſt der Dächer pro Quadratmeter Oberfläche. — Dieſe Laſt hängt von der Art der Materialien ab, welche das Dach des Zimmerwerks bilden; auch muß der Werth des Schnees, welche das Dach zu tragen haben kann, ſo wie die Wirkung des Windes in Rechnung gebracht werden. Die verſchiedenen Elemente dieſer Berechnung hat Obriſt Ardant geſchätzt wie folgt.

Art des Daches	Neigung des Daches in Graden zum Horizont	Neigung des Daches ausgedrückt durch das Verhältniß $\frac{C'}{h}$	Wirkliches Gewicht des Quadratmeters des Daches	Holzmenge in Kubikmetern pro Quadratmeter Zimmerwerk
	Grade		Kil.	Kubikm.
Flache Ziegel mit Naſen	45—33	1,00—1,53	60	0,063
Trocken verlegte Hohlziegel	27—21	1,96—2,60	75 bis 90	0,058
In Kalk gelegte Hohlziegel	31—27	1,66—1,96	136	0,068
Schiefer	45—33	1,00—1,53	38	0,056
Gewalztes Kupfer	21—18	2,60—3,07	14	0,042
Zink Nr. 14	21—18	2,60—3,07	8,50	0,042
Galvaniſirtes Eiſenblech	21—18	2,60—3,07	8,50	0,042
Bituminöſer Aſphalt	21—18	2,60—3,07	25,00	0,056

Im Durchſchnitt rechnet man den Kubikmeter Tannenholz zu 550 Kil., und Eichenholz zu 900 Kil. Der Schnee wiegt 10mal weniger als ein gleiches Volumen Waſſer, und die größte Dicke, zu welcher er ſich auf

*) Etudes theoriques et expérimentales sur les charpentes à grande portée.

Digitized by Google

einem Dach anhäufen kann, beträgt 0m50; dies entspricht einer Belastung von 50 Kil.; man rechnet indessen nur 25 Kil. Was den Wind betrifft, so sind die von ihm ausgeübten Drucke nur vorübergehend, und man brauchte sie nicht in Rechnung zu bringen. Indessen ist es klug sie zu berücksichtigen, und alsdann nimmt man an, der Wind habe eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 6 bis 7 Meter. Die von dem Winde auf eine Fläche von einem Quadratmeter senkrecht ausgeübten Drucke sind folgende.

Geschwindigkeiten des Windes	Drucke in Kilogr.
m.	Kil.
3,00	1,047
5,00	2,908
8,00	7,443
10,85	13,691
14,00	22,795
20,00	46,520
40,00 Orkan	186,080

305. Belastung der Dächer pro Quadratmeter Oberfläche. — Mit Hilfe dieser Elemente erhält man folgende Tabelle.

Art des Daches	Galvanisirtes Eisenblech	Zink Nr. 14	Flache Ziegel	Schiefer	In Kalk gelegte Hohlziegel
Neigung zum Horizont	20°	20°	40°	40°	30°
Länge der Dachstuhlstreben C . .	1,064 C′	1,064 C′	1,214 C′	1,214 C′	1,155 C′
Gewicht pro □ Met. des Daches *) .	1,064 C′	64 Kil.	125 Kil.	100 Kil.	200 Kil.
Fläche des Daches für einen Abstand der Gebinde gleich 3m50 .	3□m724 C′	3□m724 C′	4□m249 C′	4□m249 C′	4□m043 C′
Totalgewicht der Dachstuhlstrebe, p C	242K.06 C′	242K.06 C′	531K.0 C′	425K.0 C′	808K.6 C′

Praktische Formeln zur Berechnung der Dimensionen der hölzernen Dachstuhlstreben einfacher Dachstühle mit hölzernen und eisernen Zugbändern und der oberen Dachstuhlstreben der Dachstühle nach Palladio.

Art des Daches	Formeln für die Werthe von R gleich		
	700000 Kil. Roh beschlagene Hölzer	800000 Kil. Hölzer mit dem Beil beschlagen.	1000000 Kil. Ausgesuchte scharfkantige Hölzer
	$a\,b^2 =$	$a\,b^2 =$	$a\,b^2 =$
Galvanisirtes Eisenblech u. Zink	242,0 . C′ (0,00000112 . b + 0,00000107 . C′)	242,0 . C′ (0,000000976 . b + 0,000000937 . C′)	242,0 . C′ (0,000000781 . b + 0,00000075 . C′)
Schiefer	425,0 . C′ (0,00000112 . b + 0,00000107 . C′)	425,0 . C′ (0,000000976 . b + 0,0000009375 . C′)	425,0 . C′ (0,000000781 . b + 0,00000075 . C′)
Flache Ziegel	531,0 . C′ (0,00000112 . b + 0,00000107 . C′)	531,0 . C′ (0,000000976 . b + 0,0000009375 . C′)	531,0 . C′ (0,000000781 . b + 0,00000075 . C′)
In Kalk gelegte Hohlziegel . .	808,6 . C′ (0,00000112 . b + 0,00000107 . C′)	808,6 . C′ (0,000000976 . b + 0,0000009375 . C′)	808,6 . C′ (0,000000781 . b + 0,00000075 . C′)

*) Mit Inbegriff des Gewichts des Zimmerwerks, approximativ geschätzt und aus Tannenholz bestehend angenommen, ferner mit Inbegriff des Gewichts einer Lage Schnee von 0m25 Dicke und des Drucks eines Windes von 6 bis 7 Met. Geschwindigkeit. C′ stellt hier die halbe Tragweite des Dachstuhles vor.

Digitized by Google

Aus den obigen Daten leitet man die vorſtehende Tabelle für die verſchiedenen Formeln ab, je nach den Werthen R, welche der Qualität der Zimmerhölzer zukommen.

Die Balken, aus denen man die Dachſtuhlſtreben macht, haben in der Regel keinen quadratiſchen Querſchnitt, und aus den Verſuchen Chevandier's und Wertheim's (§. 226) geht hervor, daß die gewöhnlichen Zimmerbalken, die in den Wäldern mit dem Beil beſchlagen werden, eine Breite a gleich 0,9 der Dicke b haben; bei den mit der Säge beſchnittenen Balken aber kann man die Verhältniſſe der Dimenſionen beſtimmen. Da bei der Säge nur ein geringer Verluſt an Holz ſtattfindet und die weggeſchnittenen Theile benutzt werden können, ſo nehmen wir bei den ausgeſuchten Balken an, daß $a = 0{,}75\,b$ iſt.

Bei der Anwendung der vorſtehenden Formeln ſetzen wir alſo

für die rohen wahnkantigen Balken $a = b$,
für die mit dem Beil beſchlagenen Balken $a = 0{,}90\,b$,
für die mit der Säge abgeſchnittenen ſcharfkantigen Balken . . . . . $a = 0{,}75\,b$.

Hieraus leitet man die Dicken b ab, welche man den Dachſtuhlſtreben je nach der Größe der Tragweiten geben muß, und folglich auch die entſprechenden Werthe von a. Um aber die Rechnung zu vereinfachen, oder um wenigſtens einen erſten approximativen Werth dieſer Dicke b zu erhalten, kann man in dem zweiten Glied dieſer Formeln den Ausdruck des Elements b unberückſichtigt laſſen, vorausgeſetzt, daß er in der Regel nur 0,01 des Ausdrucks der halben Tragweite des Dachſtuhls erreicht. Wendet man zugleich die oben angegebenen Verhältniſſe zwiſchen a und b an, ſo werden die Formeln auf die in der folgenden Tabelle enthaltenen Ausdrücke reducirt. Man kann ſich leicht überzeugen, ob die Werthe der folgenden Formeln denen der vorhergehenden nahe liegen. Nehmen wir z. B. den Fall an, wo die Differenz am größten iſt, wo man nämlich die ſtärkſte Belaſtung und die roheſten Balken hat, welcher Fall bei den in Mörtel gelegten Hohlziegeln gilt, und ſetzen wir $C = 6^m00$ in der Formel $b^3 = 0{,}00087\,C'^2$, ſo erhalten wir $b^3 = 0{,}0313$ und folglich $b = 0^m314$. Subſtituirt man alsdann dieſen Werth in dem zweiten Glied der Formel aus §. 302

$b^3 = 808{,}6\,.\,C'\,(0{,}00000112\,.\,b + 0{,}00000107\,.\,C')$,

ſo erhalten wir

$b^3 = 808{,}6 \times 6^m\,(0{,}00000035 + 0{,}00000632) = 0{,}0328$,

folglich $b = 0^m32$.

Die Differenz zwiſchen dieſen beiden Werthen iſt ſchwach genug, um in den meiſten Fällen die reducirten Formeln, wie ſie in der folgenden Tabelle enthalten ſind, anwenden zu können.

Art des Daches	Formeln für die Werthe von R gleich		
	Rohbeſchlagene Hölzer $a = b$	Hölzer mit dem Beil beſchlagen, $a = 0{,}90\,b$	Ausgeſuchte ſcharfkantige Hölzer, $a = 0{,}75\,b$
Zink Nr. 14 und galvaniſirtes Eiſenblech	$b^3 = 0{,}00026\,C'^2$	$b^3 = 0{,}00026\,C'^2$	$b^3 = 0{,}00024\,C'^2$
Schiefer	$b^3 = 0{,}00045\,C'^2$	$b^3 = 0{,}00043\,C'^2$	$b^3 = 0{,}00043\,C'^2$
Flache Ziegel	$b^3 = 0{,}00057\,C'^2$	$b^3 = 0{,}00056\,C'^2$	$b^3 = 0{,}00053\,C'^2$
Vermauerte Hohlziegel . . .	$b^3 = 0{,}00087\,C'^2$	$b^3 = 0{,}00084\,C'^2$	$b^3 = 0{,}00081\,C'^2$

306. Anwendung vorſtehender Formeln. — Als Anwendung obiger Formeln geben wir hier die Tabelle der Dimenſionen von Dachſtuhlſtreben einfacher Dachſtühle von verſchiedenen Tragweiten, und zwar für roh beſchlagene, mit dem Beil beſchlagene und für ausgeſuchte ſcharfkantige Hölzer.

Wenn man die in dieſer Tabelle enthaltenen Dimenſionen mit denen vergleicht, welche ehemals bei dem Unterricht in der Schule zu Metz angenommen wurden und ſich auf die gewöhnlichen landesüblichen Dachſtühle und auf Hohlziegelbedeckungen bezogen, ſo ſieht man, daß für dieſen Fall eine beinahe vollkommene Uebereinſtimmung beſteht. Die Dimenſionen für die einfachen Dachſtühle mit Hohlziegelbedeckung ſind in Lothringen folgende:

	6^m	9^m	12^m
Vorleſung in der Schule zu Metz (1820)	0^m22 — 0^m190	0^m26 — $0{,}24$	0^m32 — 0^m30
Vorgeſchlagene Formel: $b^3 = 0{,}00087\,.\,C'^2$	0,199	0,260	0,316

Digitized by Google

Art des Daches	Tragweite des Dachstuhls 2 C'	Roh beschlagene Hölzer a = b	Mit dem Beil beschlagene Hölzer a = 0,90 b		Ausgesuchte scharfkantige Hölzer a = 0,75 b	
			b	a	b	a
		$b^3 = 0{,}00026 . C'^2$	$b^3 = 0{,}000252 . C'^2$		$b^3 = 0{,}00024 . C'^2$	
	m.	m.	m.	m.	m.	
Zink Nr. 14	5,00	0,118	0,117	0,105	0,114	0,086
	6,00	0,133	0,131	0,117	0,130	0,098
	8,00	0,161	0,159	0,143	0,157	0,118
	10,00	0,187	0,184	0,165	0,182	0,137
	12,00	0,211	0,208	0,187	0,205	0,144
		$b^3 = 0{,}00045 . C'^2$	$b^3 = 0{,}00044 . C'^2$		$b^3 = 0{,}00043 . C'^2$	
Schiefer	5,00	0,141	0,140	0,126	0,139	0,104
	6,00	0,160	0,158	0,142	0,157	0,118
	8,00	0,194	0,192	0,173	0,190	0,143
	10,00	0,224	0,223	0,201	0,220	0,165
	12,00	0,253	0,251	0,226	0,250	0,188
		$b^3 = 0{,}00057 . C'^2$	$b^3 = 0{,}000553 . C'^2$		$b^3 = 0{,}00053 . C'^2$	
Flache Ziegel	5,00	0,153	0,152	0,137	0,149	0,112
	6,00	0,173	0,171	0,154	0,168	0,126
	8,00	0,209	0,207	0,186	0,204	0,153
	10,00	0,243	0,240	0,216	0,237	0,178
	12,00	0,274	0,270	0,243	0,261	0,200
		$b^3 = 0{,}00087 . C'^2$	$b^3 = 0{,}00084 . C'^2$		$b^3 = 0{,}00081 . C'^2$	
Vermauerte Hohlziegel	5,00	0,176	0,174	0,157	0,172	0,129
	6,00	0,199	0,196	0,176	0,194	0,146
	8,00	0,240	0,237	0,213	0,235	0,176
	10,00	0,279	0,276	0,248	0,273	0,205
	12,00	0,315	0,311	0,280	0,307	0,230

307. Formeln für schmiedeiserne Dachstuhlstreben. — Bei den eisernen Dächern haben die Dachstuhlstreben oft die Form eines Prisma mit rechteckigem Querschnitt, und man verwendet alsdann das flache Eisen von den im Handel gewöhnlichen Dimensionen; in der Regel beträgt hier die Dicke a $\frac{1}{5}$ der Breite b. Der Elasticitätskoefficient R muß bei großen Konstrukzionen, welche in jeder Beziehung die vollkommenste Sicherheit darbieten müssen, 6000000$^{Kil.}$ und bei kleinen leichteren Bauten 8000000$^{Kil.}$ sein. Die Neigung ist nie unter 20° und alsdann ist

$$\frac{1}{5} \frac{1-\cos^2 a}{\cos a} = \frac{5\,C'^2}{8\,p\,C} = 1{,}614, \quad C \sin a = C',$$

und die Formel aus §. 300 lautet:

$$R = 1{,}614 \frac{p\,C}{A} + 0{,}125\,C' \frac{v'}{J} . p\,C,$$

oder beim rechteckigen Querschnitt

$$a\,b^2 = \left(\frac{1{,}614 . b}{R} + \frac{0{,}750 . C'}{R}\right) p\,C.$$

Hier aber braucht man noch weniger wie bei dem Holz im zweiten Glied der Formel den Ausdruck der Dicke b zu berücksichtigen, und man erhält alsdann

$$a\,b^2 = \frac{p\,C}{R} \times 0{,}75 . C'.$$

In diesem Fall wendet man übrigens beinahe ausschließlich die Dächer aus Zink oder galvanisirtem Eisenblech an, deren Neigung sich auf 20° mit dem Horizont reduciren läßt, so daß man nach dem Vorhergehenden in dieser Formel $a = \frac{1}{5} b$, $p\,C = 242^{Kil.}06 . C'$, $R = 6000000$ oder $8000000^{Kil.}$ setzen muß. Hierdurch entstehen folgende Werthe:

bei großen Bauten $b^3 = 0{,}0000303 . C'^2$,
bei leichten Bauten $b^3 = 0{,}0000227 . C'^2$.

Digitized by Google

308. Dachſtuhlſtreben mit Rippen. — Bei großen eiſernen Konſtrukzionen gibt man den Dachſtuhlſtreben das Profil eines doppelten T, von dem in §. 245 die Rede war. In dieſem Fall erinnert man ſich aus §. 144, daß

$$\frac{J}{v'} = \frac{1}{6}\,\frac{a\,b^3 - 2\,a'\,b'^3}{b}, \text{ folglich } \frac{v'}{J} = \frac{6\,b}{a\,b^3 - 2\,a'\,b'^3},$$

und da ferner $A = a\,b - 2\,a'\,b'$ iſt, ſo reducirt ſich die Formel aus §. 303

$$R = p\,C\left(\frac{1{,}614}{A} + \frac{1}{6}\,\frac{C'\,v'}{J}\right)$$

auf folgende Formel

$$R = \left(\frac{1{,}614}{a\,b - 2\,a'\,b'} + \frac{0{,}125\,.\,C' \times 6\,.\,b}{a\,b^3 - 2\,a'\,b'^3}\right) p\,C.$$

Man kann zwiſchen den Größen a, b, a', b' drei Verhältniſſe a priori annehmen, z. B.

$a = 0{,}6\,b$, $a' = 0{,}40\,a = 0{,}24\,b$, $b' = 1{,}25\,a = 0{,}75\,b$,

und erhält alsdann die Formel

$$R = \left(\frac{1{,}614\,.\,b}{0{,}24\,b^2} + \frac{0{,}75\,.\,C'}{0{,}398\,.\,b^3}\right) p\,C;$$

iſt folglich $R = 6000000^{\text{Kil.}}$, ſo iſt

$$b^3 = (0{,}00000112\,.\,b + 0{,}000000314\,C')\,p\,C.$$

In den meiſten Fällen kann man den Ausdruck b des zweiten Gliedes bezüglich der Spannung der Dachſtuhlſtrebe überſehen, und da man bei dieſen Dächern faſt immer Zink verwendet, ſo kann man auch hier $p\,C = 242^{\text{Kil.}}06\,.\,C'$ ſetzen, woraus ſich die praktiſche Formel ergibt

$$b^3 = 0{,}000000314 \times 242{,}06\,.\,C'^2 = 0{,}00076\,.\,C'^2.$$

309. Anwendung auf das Dach der Stazionsplätze von Saint-Germain und Verſailles. — Nach den von den Erbauern angenommenen Proporzionen iſt

$$\text{tang}\,a = \frac{C'}{h} = \frac{13{,}615}{6} = 2{,}26916;$$

folglich

$$\frac{5}{8}\,.\,\frac{1 - \cos^2 a}{\cos a} = 1^{\text{m}}298,\quad b = 0^{\text{m}}118,\quad a = 0{,}080,$$

$$b' = 0^{\text{m}}098,\quad a' = 0^{\text{m}}035,$$

woraus ſich die Verhältniſſe ergeben

$$a = 0{,}678\,b,\quad b' = 0{,}830\,b,\quad a' = 0{,}297\,b.$$

Hieraus folgt $R = \left(\frac{1{,}298}{0{,}185\,b^3} + \frac{0{,}75\,.\,C'}{0{,}3397\,b^3}\right) p\,C;$

folglich

$$b^3 = \left(\frac{1{,}298}{0{,}185 \times 6000000}\,b + \frac{0{,}75\,.\,C'}{0{,}3397 \times 6000000}\right) p\,C$$
$$= (0{,}00000117\,b + 0{,}000000368)\,p\,C;$$

läßt man den Ausdruck b des zweiten Gliedes der Formel unberückſichtigt und ſetzt man $p\,C = 242{,}06\,.\,C'$, ſo erhält man die reducirte Formel

$$b^3 = 0{,}0000891\,C'^2.$$

Es muß indeſſen bemerkt werden, daß die ſo geſtellte Formel von dem Zuwachs des Widerſtandes, welchen die Zug- und Strebebänder den Dachſtuhlſtreben verleihen, Umgang nimmt. Wir werden ſpäter hierauf zurückkommen.

310. Bemerkung über die Anwendung Tförmiger Eiſen von gegebenem Modell. — Aus §. 245 weiß man, daß die Eiſenpiecen von doppelter T Form nach Modellen gemacht werden, die von den Apparaten beſtimmt ſind, und daß es beſſer iſt unter dieſen dasjenige auszuwählen, welches die erforderliche Feſtigkeit hat, als ein neues Modell machen zu laſſen. Um dieſe Wahl zu treffen, muß man im Auge behalten, daß die eiſernen Dachſtühle faſt immer mit Zink oder Eiſenblech gedeckt ſind und daß man bei einem Abſtand der Dachbinder von $3^{\text{m}}50$ für die auf der Dachſtuhlſtrebe gleichmäßig vertheilte Belaſtung den Werth $p\,C = 242{,}06\,C'^{\text{Kil.}}$ annehmen kann, welchen man für die von hölzernen Dachſtühlen getragenen Zinkdächer gefunden hat. Wären die Binder mehr oder weniger als $3^{\text{m}}50$ voneinander entfernt, ſo müßte man den Werth von $p\,C$ verhältnißmäßig größer oder kleiner machen. In allen Fällen hat man den Werth von $p\,C$ und folglich $\frac{1}{2}\,p\,C^2$, wenn man ihn mit $\frac{1}{2}\,C$ multiplicirt, und man kann ſich alsdann auf die Tabelle in §. 245 beziehen, um die Proporzion der Eiſenpiece für die Dachſtuhlſtrebe des fraglichen Dachſtuhls zu finden.

Beiſpiel. Iſt z. B. $2\,C' = 12^{\text{m}}00$, ſo erhält man

$$p\,C = 242^{\text{Kil.}}06 \times 6 = 1452^{\text{Kil.}}36,$$

und $\frac{1}{2}\,p\,C^2 = 1452^{\text{Kil.}}36 \times 3 = 4357^{\text{Kil.}}08.$

Dieſer Werth entſpricht dem Fall, wo die Dachſtuhlſtreben $3^{\text{m}}50$ voneinander abſtehen; vergleicht man ihn mit der Tabelle in §. 245, ſo findet man keine Tförmigen Eiſenpiecen, die dieſe Laſt mit Sicherheit tragen können. Verdoppelt man aber die Anzahl der Gebinde, ſo daß ihr Abſtand $1^{\text{m}}75$ beträgt, ſo wird auch der Werth von $\frac{1}{2}\,p\,C^2$ auf die Hälfte reducirt und iſt alſo gleich 2178,54; und ſomit kann das T Eiſen P_5 aus der Hütte de la Providence, welches $0^{\text{m}}260$ Höhe bei $0^{\text{m}}020$ Dicke des Körpers und $0^{\text{m}}071$ Breite oben

Digitized by Google

und unten hat, als Strebe einer einzigen horizontalen Tragweite von 6m00 mit Sicherheit angewandt werden.

311. Dimensionen der Zugbänder. — Wie man in §. 301 gesehen hat, sind die horizontalen Zugbänder einer oft sehr beträchtlichen Zugkraft unterworfen, die durch die horizontale Komponente $Q = \frac{5}{8} p C . \text{tang } a$ ausgedrückt wird; nennt man die Höhe des Firstes über dem Zugband oder die Höhe des Dachstuhls h und die horizontale Tragweite $2C'$, was $\text{tang } a = \frac{C'}{h}$ gibt, so erhält man den Ausdruck

$$Q = \frac{5}{8} p C \frac{C'}{h}.$$

Hierdurch ist zugleich der Druck ausgedrückt, welchen die Füße der Streben auf die Schwellen ausüben würden, um sie nach außen voneinander zu treiben, und es ist klar, daß dieser Druck ein Bruchtheil der Belastung $p C$ der Strebe ist, der um so größer, je geringer die Höhe des Dachstuhls im Verhältniß zu seiner Tragweite ist. Das Zugband trägt und hebt diesen Druck durch seinen Widerstand gegen den longitudinalen Zug auf; es muß aber auch in gewissen Fällen eine gleichmäßig vertheilte Belastung zu tragen im Stande sein, wenn z. B. ein Boden auf ihm ruhen soll. Wendet man die Formel aus §. 136 und resp. §. 299

$$R = \frac{T}{A} + \frac{M v'}{J},$$

auf dasselbe an, so muß

$$T = \frac{5}{8} p C \frac{C'}{h} \text{ und } M = \frac{1}{2} p' C'^2$$

sein, indem man mit p' die gleichmäßig vertheilte Belastung oder im Fall, daß eine solche nicht existirt, sein Eigengewicht bezeichnet.

Die obige Formel lautet also

$$R = \frac{5}{8} \frac{p C}{A} . \frac{C'}{h} + \frac{1}{2} p' C'^2 . \frac{v'}{J}.$$

Bei hölzernen und bei manchen eisernen Dachwerken ist der Querdurchschnitt länglich viereckig, und es ist

$$A = a b \text{ und } \frac{v'}{J} = \frac{6}{a b^2};$$

folglich $$R = \frac{5}{8} \frac{p C}{a b} . \frac{C'}{h} + \frac{3 p' C'^2}{a b^2},$$

woraus $$a b = \frac{1}{R} \left(\frac{5}{8} p C \frac{C'}{h} + \frac{3 p' C'^2}{b} \right).$$

Nun ist aber höchstens

bei dem Zink $\frac{C'}{h} = \text{tang } 70^\circ = 2{,}748$,

bei dem Schiefer und den flachen Ziegeln $\frac{C'}{h} = \text{tang } 50^\circ = 1{,}192$,

bei den Hohlziegeln $\frac{C'}{h} = \text{tang } 60^\circ = 1{,}732$.

In der Tabelle von §. 305 hat man die Werthe der Last $p C$ und somit leitet man die folgenden praktischen Formeln ab, indem man den zweiten Ausdruck, in welchem der Faktor p' vergleichungsweise immer sehr gering ist, unberücksichtigt läßt.

Art des Daches	Eiserne Zugbänder, deren Durchschnitt	
	länglich viereckig $a = \frac{1}{8} b$	rund
Zink Nr. 14	$b^2 = 0{,}0000346 . C'$	$d^2 = 0{,}0000885 . C'$
Schiefer	$b^2 = 0{,}0000264 . C'$	$d^2 = 0{,}0000674 . C'$
Flache Ziegel	$b^2 = 0{,}0000330 . C'$	$d^2 = 0{,}0000840 . C'$
Vermauerte Hohlziegel	$b^2 = 0{,}0000729 . C'$	$d^2 = 0{,}0001860 . C'$

312. Fall, wo das Zugband nicht horizontal ist. — Ist das eiserne Zugband nicht horizontal, sondern steigt es gegen den First zu in die Höhe, wie das zuweilen der Fall ist, so muß (Fig. 70) offenbar die Spannung des Zugbandes im Verhältniß der Höhe h des Firstes über der Horizontalen der Schwellen oder Stützen zur Senkrechten h_1, die vom First auf die geneigte Richtung des Zugbandes gefällt wird, vergrößert werden. In der That, das Spannungsmoment des im Verhältniß zum First aufsteigenden Zugbandes muß gleich sein dem Moment des zum nämlichen Punkt horizontalen Zugbandes, da es einmal wie das anderemal der Reakzion der Stütze oder der Mauer, welche die Dachstuhlstrebe um den First zu drehen sucht, das Gleichgewicht halten muß. Man braucht also nur das zweite Glied obiger Formeln mit dem Verhältniß $\frac{h}{h'}$ zu multipliciren, um den Werth von b^2 oder den von d^2 zu erhalten.

313. Tabelle der Dimensionen der

Digitized by Google

Spannbalken und Zugbänder. — Die folgende Tabelle gibt die Dimenſionen der Zugbänder für die Fälle, wo dieſe keinen Boden zu tragen haben und nur das Abweichen der Füße von den Dachſtuhlſtreben verhüten ſollen, wie es bei Stazionsplätzen, Schoppen u. ſ. w. der Fall iſt.

Tabelle der Dimenſionen der Spannbalken und Zugbänder für einfache Dachſtühle von verſchiedenen Tragweiten.

$$a\,b = \frac{f}{R}\left(\tfrac{3}{8} \cdot \frac{p\,C.C'}{h} + 3\,d\,A \cdot C^{n}\right).$$

Art des Daches	Horizontaltragweite = C	Nicht beſchlagene Balken $R = 7000000$ Kil. $a = b$ $b^3 = 0{,}000000893\ p\,C\,\frac{C'}{h} + 0{,}00000423\,d\,A \cdot C^{n}$ mit dem Gewicht des Spannbalkens	Eiſen $R = 60000000$ Kil. Rektangulärer Durchſchnitt $b^3 = \frac{15}{8}\,\frac{p\,C}{6000000} \cdot \frac{C'}{h}$, $a = \frac{1}{3}\,b$	Eiſen $R = 60000000$ Kil. Kreisförmiger Durchſchnitt $d^3 = \frac{5 \times 1{,}273}{8} \cdot \frac{p\,C}{6000000} \cdot \frac{C'}{h}$
		$b^3 = 0{,}000594 \cdot C' + 0{,}00344\,A \cdot C^{n}$	$b^3 = 0{,}000347 \cdot C'$	$d^3 = 0{,}0000885 \cdot C'$
	m.	m.	m. m.	m.
Zink Nr. 14; $p\,C = 242{,}06 \cdot C'$, $\frac{C'}{h} = 2{,}748$	5	$a = b = 0{,}051$	$b = 0{,}0294$ $a = 0{,}0059$	$d = 0{,}0149$
	6	$= 0{,}061$	$= 0{,}0323$ $= 0{,}0065$	$= 0{,}0166$
	8	$= 0{,}084$	$= 0{,}0374$ $= 0{,}0075$	$= 0{,}0188$
	10	$= 0{,}113$	$= 0{,}0416$ $= 0{,}0083$	$= 0{,}021$
	12	$= 0{,}148$	$= 0{,}0457$ $= 0{,}0091$	$= 0{,}023$
		$b^3 = 0{,}00045 \cdot C' + 0{,}00344\,A \cdot C^{n}$	$b^3 = 0{,}000264 \cdot C'$	$d^3 = 0{,}0000674 \cdot C'$
Schiefer; $p\,C = 425 \cdot C'$, $\frac{C'}{h} = 1{,}192$	5	$a = b = 0{,}040$	$b = 0{,}0258$ $a = 0{,}0052$	$d = 0{,}013$
	6	$= 0{,}055$	$= 0{,}0281$ $= 0{,}0056$	$= 0{,}014$
	8	$= 0{,}084$	$= 0{,}0326$ $= 0{,}0065$	$= 0{,}017$
	10	$= 0{,}107$	$= 0{,}0364$ $= 0{,}0073$	$= 0{,}019$
	12	$= 0{,}143$	$= 0{,}0400$ $= 0{,}0080$	$= 0{,}020$
		$b^3 = 0{,}000565 \cdot C' + 0{,}00344\,A \cdot C^{n}$	$b^3 = 0{,}000329 \cdot C'$	$d^3 = 0{,}000084 \cdot C'$
Flache Ziegel; $p\,C = 531{,}0 \cdot C'$, $\frac{C'}{h} = 1{,}192$	5	$a = b = 0{,}050$	$b = 0{,}0287$ $a = 0{,}0057$	$d = 0{,}0145$
	6	$= 0{,}060$	$= 0{,}0315$ $= 0{,}0060$	$= 0{,}0160$
	8	$= 0{,}083$	$= 0{,}0363$ $= 0{,}0070$	$= 0{,}0184$
	10	$= 0{,}112$	$= 0{,}0410$ $= 0{,}0080$	$= 0{,}0206$
	12	$= 0{,}147$	$= 0{,}0450$ $= 0{,}0090$	$= 0{,}0225$
		$b^3 = 0{,}00125 \cdot C' + 0{,}00344\,A \cdot C^{n}$	$b^3 = 0{,}000729 \cdot C'$	$d^3 = 0{,}000186 \cdot C'$
Hohlziegel; $p\,C = 808{,}6 \cdot C'$, $\frac{C'}{h} = 1{,}732$	5	$a = b = 0{,}068$	$b = 0{,}043$ $a = 0{,}009$	$d = 0{,}022$
	6	$= 0{,}079$	$= 0{,}047$ $= 0{,}009$	$= 0{,}024$
	8	$= 0{,}104$	$= 0{,}057$ $= 0{,}011$	$= 0{,}027$
	10	$= 0{,}133$	$= 0{,}061$ $= 0{,}012$	$= 0{,}031$
	12	$= 0{,}169$	$= 0{,}066$ $= 0{,}013$	$= 0{,}034$

Die Dimenſionen der hölzernen Spannbalken, wie ſie die Tabelle gibt, ſcheinen vielleicht für die Praxis zu ſchwach zu ſein; man darf aber nicht vergeſſen, wie wir ſchon oben geſagt haben, daß ſie nur für die Fälle berechnet ſind, wo der Spannbalken keine Laſt oder keinen Dachboden zu tragen hat, welcher Fall zwar ſelten aber doch zuweilen beim Bau von Schoppen eintritt. Dies beweiſt nur, daß man ihn im letzteren Falle mit großer Leichtigkeit konſtruiren kann. In gewöhnlichen Fällen aber, wo der Spannbalken noch eine weitere Belaſtung tragen ſoll,

Digitized by Google

muß man ſich auf die Formel in §. 311

$$a\,b = \frac{1}{R}\left(\tfrac{5}{6}\,p\,C\,\frac{C'}{h} + \frac{3\,p'\,C'^2}{b}\right)$$ beziehen.

Gewöhnlich iſt der Durchſchnitt der Zugbänder ein Quadrat, damit ſie breiter ſeien als die mit ihnen verbundene Dachſtuhlſtrebe iſt, den Fall ausgenommen, daß man die Zugſtangen durch Bänder verbindet. Iſt der Durchſchnitt ein Quadrat, ſo iſt $a = b$ und die obige Gleichung lautet

$$a^3 = \frac{1}{R}\left(\tfrac{5}{6}\,p\,C\,\frac{C'}{h} + \frac{3\,p'\,C'^2}{a}\right).$$

In dieſer Form wird ſie einer Gleichung dritten Grades, und ihre Auflöſung iſt in der Praxis nicht leicht. Wollte man ſie indeſſen bei einem beſonderen Fall auflöſen, ſo könnte man durch die ſchon öfters von uns angegebene graphiſche Methode leicht zum Ziel gelangen.

Da in dem Falle, wo die Zugbänder einen Fußboden tragen, die hieraus erwachſende Laſt immer mehr Einfluß hat als die aus der Wirkung der Strebe entſpringende Spannung, wie man ſich durch die Anwendungen ſelbſt überzeugen kann, ſo kann man hier die Wirkung der Strebe im Verhältniß zu der zu tragenden Laſt unberückſichtigt laſſen, und die Formel reducirt ſich alsdann auf die für die feſten Körper, die mit einem gleichmäßig auf ihre Länge vertheiltem Gewicht belaſtet ſind:

$$R = \tfrac{1}{2}\,\frac{p'\,C'^2 \cdot v'}{J};$$

bei den feſten Körpern mit rektangulärem Durchſchnitt lautet dieſe Formel

$$a\,b^3 = \frac{3\,p'\,C'^2}{R};$$

folglich bei den nicht beſchlagenen Balken, bei welchen $a = b$, $R = 700000^{\text{Ku.}}$ iſt,

$$b^3 = \frac{p'\,C'^2}{233333};$$

bei den beſchlagenen Balken, deren $a = 0{,}90\,b$ und deren $R = 800000^{\text{Ku.}}$ iſt,

$$b^3 = \frac{p'\,C'^2}{240000},$$

und bei den ſcharfkantigen Balken, wo $a = 0{,}75\,b$ und $R = 1000000^{\text{Ku.}}$ iſt,

$$b^3 = \frac{p'\,C'^2}{250000}.$$

Soll der Boden Landbauprodukte, z. B. Getreide in einer Höhe von $0^{\text{m}}60$ aufnehmen, ſo würde dies einer Belaſtung von $0{,}60 \times 750^{\text{Ku.}} = 450^{\text{Ku.}}$ pro □ Meter entſprechen, vorausgeſetzt, daß das Getreide im Durchſchnitt $750^{\text{Ku.}}$ pro Kubikmeter wiegt. Beträgt nun der Abſtand der Streben $3^{\text{m}}50$, ſo iſt die Laſt p' pro Längenmeter des Spannbalkens

$$p' = 450^{\text{K.}} \times 3^{\text{m}}50 = 1575^{\text{Ku.}}$$

Da dieſe Belaſtung im Allgemeinen höher iſt als diejenige, welche die Kornböden in der Regel zu tragen haben, ſo erhält man mit der Annahme dieſer Laſt ein hinreichend feſtes Gebälk.

Subſtituirt man in dieſen Formeln den obigen Werth $p' = 1575^{\text{Ku.}}$, ſo erhält man

für die rohen Balken, $a = b$, $b^3 = \frac{1575}{233333} \cdot C'^2 = 0{,}00675\,C'^2$;

für die mit dem Beil beſchlagenen, $a = 0{,}9b$, $b^3 = \frac{1575}{210000} \cdot C'^2 = 0{,}0056\,C'^2$;

für die geſägten $a = 0{,}75b$, $b^3 = \frac{1575}{250000} \cdot C'^2 = 0{,}00630\,C'^2$;

Hieraus ergibt ſich die folgende Tabelle für die Dimenſionen der hölzernen Spannbalken, welche einen Boden tragen ſollen.

Tragweite $2\,C'$	Nicht beſchlagene Balken, $a = b$	Beſchlagene Balken, $a = 0{,}9b$	Geſägte ſcharfkantige Balken, $a = 0{,}75b$.
m.			
12	$0^{\text{m}}343$	$0^{\text{m}}340$	$0^{\text{m}}336$
10	0,323	0,320	0,316
8	0,300	0,297	0,293
6	0,272	0,270	0,266
5	0,257	0,254	0,250

Digitized by Google

Die in dieser Tabelle enthaltenen Dimensionen sind etwas schwächer als die früher in der Schule von Metz angegebenen; da sie aber für eine Last von 450 Kil. pro Quadratmeter und einen Abstand von 3m50 zwischen den Streben berechnet sind, was die gewöhnlichen Proporzionen gewiß überschreitet, so werden sie vielleicht genügen. Die Tabelle ist auf keine größeren Tragweiten als auf die von 12m0 ausgedehnt, weil man bei so bedeutenden Tragweiten Zwischenpfosten zum Tragen der Spannbalken anwendet, wenn diese Lasten tragen sollen; auch werden wir später das System des Zimmerwerks für große Tragweiten angeben. Ist man sicher, daß die Lasten nicht den oben angegebenen Werth von 450 Kil. pro Quadratmeter erreichen, so kann man den Querschnitt reduciren.

314. Dachstuhlstrebe, die an einen Spannriegel stößt. — In der Figur 71 sei P' der Vertikaldruck, der durch die Totallast des über dem Spannriegel liegenden Theils der Dachstuhlstrebe und des Daches hervorgebracht wird; p sei die Last pro Längenmeter, welche auf die Länge $AB = C_1$ der untern Dachstuhlstrebe vertheilt ist. Der in B ausgeübte vertikale Druck ist $P = P' + pC_1$. Im §. 302 ist gezeigt worden, daß die Spannung des Spannbalkens, welche durch die gleichförmig vertheilte Last pC_1 hervorgebracht wird, gleich ist $\frac{5}{8} pC_1 \tang a$; anderseits erzeugt die Last P' eine Spannung, welche ausgedrückt wird durch $P' \tang a$; mithin ist die Totalspannung des Spannbalkens in der Richtung seiner Länge

$$(P' + \tfrac{5}{8} pC_1) \tang a.$$

Es läßt sich also annehmen, die Dachstuhlstrebe AB sei von unten nach oben der Wirkung der vertikalen Last $P = P' + pC_1$, in horizontaler Richtung der Kraft $Q = (P' + \frac{5}{8} pC_1) \tang a$ und der auf ihre Länge gleichmäßig vertheilten vertikalen Belastung pC_1 unterworfen. Substituirt man also in der Gleichung von §. 300 $P' + pC_1$ für P und $(P' + \frac{5}{8} pC_1) \tang a$ für Q, so ist hier das Verhältniß des permanenten Gleichgewichts

$$R = \frac{(P' + pC_1)\cos a + (P' + \frac{5}{8} pC_1) \tang a \sin a - pC_1 \cos a}{A}$$

$$- [(P' + pC_1) \sin a \, (P' + \tfrac{5}{8} pC_1) \sin a - \tfrac{1}{2} pC_1 \sin a] \, C \, \frac{v'}{J},$$

$$R = \frac{1}{A \cos a}(P' + \tfrac{5}{8} pC_1 \sin^2 a) + \frac{1}{8} pC_1^2 \sin a \cdot \frac{v'}{J}.$$

Mit Hilfe dieser Formel kann man die Dimensionen der unteren Dachstuhlstrebe bei den Dachstühlen mit Spannriegel oder nach Palladio berechnen.

Was den Spannbalken betrifft, so kennt man seine Spannung

$$(P' + \tfrac{5}{8} pC_1) \tang a,$$

und mit Berücksichtigung seines Eigengewichts kann man seine Dimensionen durch die Formel

$$R = (P' + \tfrac{5}{8} pC_1)\frac{\tang a}{A} + \tfrac{1}{2} d A C'' \frac{v'}{J}$$

oder $$R = \frac{(P' + \frac{5}{8} pC_1)}{A}\frac{C'_1}{h_1} + \tfrac{1}{2} d A C''^2 \frac{v'}{J}$$

berechnen.

Soll endlich der Spannbalken eine auf seine Länge $2C''$ gleichmäßig vertheilte Belastung p' tragen, so haben wir die Formel

$$R = \frac{(P' + \frac{5}{8} pC_1)}{A}\frac{C'_1}{h_1} + \tfrac{1}{2} p' C''^2 \frac{v'}{J};$$

hier ist C'_1 die Projekzion der Dachstuhlstrebe und h_1 die Höhe des Spannriegels über dem Spannbalken; bei der gleichmäßig vertheilten Belastung $2p'C''$ kann man je nach dem Fall das Eigengewicht des Körpers berücksichtigen oder nicht.

Dachstuhl nach Palladio. — Man kann annehmen, ein solcher Dachstuhl sei aus zwei Theilen zusammengesetzt: aus einem über dem Spannriegel liegenden Theil, der ein einfaches Dach bildet, wobei dieser Spannriegel der Spannbalken ist, und dessen Dachstuhlstreben man durch die Formel von §. 305 berechnet, und aus einem anderen Theil, welcher genau mit der durch die vorstehende Formel ausgedrückten Disposizion übereinstimmt.

315. Anwendung auf die Streben der Dachstühle nach Palladio mit Spannriegel. — Bringt man in diese Formel die Werthe $A = ab$, $\frac{v'}{J} = \frac{6}{ab^2}$, $C_1 \sin a = C'_1$, indem man die Horizontalprojekzion der unteren Dachstuhlstrebe C'_1 nennt, und nimmt man z. B. an, der Spannriegel liege auf zwei Drittel der Höhe des Dachstuhls, wo P' beinahe gleich $\frac{1}{2} pC_1$ ist, so erhält man die Formel

$$R = \frac{pC_1}{ab}\left(\frac{4 + 5\sin^2 a}{8 \cos a}\right) + \tfrac{3}{4}\frac{pC_1 C'_1}{ab^2}.$$

Da der Ausdruck des Faktors $\frac{4 + 5\sin^2 a}{8 \cos a}$ einen nur sehr geringen Einfluß hat, so kann man dafür seinen Durchschnittswerth substituiren Nun ist aber

$a =$	$45°$,	$57°$,	$63°$,
$\frac{4 + 5\sin^2 a}{8 \cos a} =$	1,149,	1,744,	2,783,

Digitized by Google

folglich iſt das arithmetiſche Mittel 1,80, und wir erhalten die Formel

$$R = \frac{p C_1}{a b} \times 1{,}80 + 0{,}75 \frac{p C_1 C'_1}{a b^2},$$

woraus $a b^2 = \frac{p C_1}{R} (1{,}80 \times b + 0{,}75 C'_1)$.

Da in dieſer Formel die Dicke b der Dachſtuhlſtrebe im Verhältniß zu deren Horizontalprojekzion ſtets ſehr klein iſt, ſo iſt der Ausdruck b gegenüber dem Ausdruck 0,75 C'_1 ſehr ſchwach.

316. Praktiſche Formeln. — Wenn man bei nicht beſchlagenem Zimmerwerk mit Ardant den Werth von R zu 700000 Kil. annimmt, ſo erhält man die praktiſche Formel

$a b^2 = p C_1 (0{,}00000257 b + 0{,}00000107 C'_1)$.

Sind die Balken beſchlagen, ſo kann man R = 800000 Kil. ſetzen und man erhält alsdann

$a b^2 = p C_1 (0{,}00000225 b + 0{,}000000937 C'_1)$.

Sind endlich die Balken ausgeſucht und ohne Fehler, ſo kann man R zu 1000000 Kil. annehmen, und es ergibt ſich die Formel

$a b^2 = p C_1 (0{,}00000180 b + 0{,}00000074 C'_1)$.

Bringt man die im §. 305 enthaltenen auf die verſchiedenen Arten von Dächern bezüglichen Werthe von pC in dieſe Formel, ſo entſteht die folgende Tabelle praktiſcher Formeln, bei welchen

C_1 die Länge der unteren Dachſtuhlſtrebe,

$2C''$ die Totaltragweite des Dachſtuhls,

$2C'$ die Tragweite des Spannriegels,

$C'_1 = 2C'$ die Tragweite oder die Horizontalprojekzion der unteren Dachſtuhlſtrebe iſt, indem man annimmt, der Spannriegel befinde ſich im zweiten Drittel der Totalhöhe $h + h_1$ des Dachſtuhls.

Praktiſche Formeln zur Berechnung der Dimenſionen der untern Streben der Dachſtühle nach Palladio.

Art des Daches	Formeln der verſchiedenen Werthe von R		
	R = 700000 Kil. Rohe nicht beſchlagene Balken a = b	R = 800000 Kil. Mit dem Beil beſchlagene Balken a = 0,9 b	R = 1000000 Kil. Ausgeſuchte ſcharfkantige Balken a = 0,75 b
	Kil.	Kil.	Kil.
Zink . . .	$b^3 = 242{,}06 . C_1 (0{,}00000257 . b + 0{,}00000107 . C'_1)$	$b^3 = 267{,}3 . C_1 (0{,}00000225 . b + 0{,}000000937 . C'_1)$	$b^3 = 322{,}75 . C_1 (0{,}00000180 . b + 0{,}00000075 . C'_1)$
Schiefer . .	$b^3 = 425{,}0 . C_1 (0{,}00000257 . b + 0{,}00000107 . C'_1)$	$b^3 = 472{,}2 . C_1 (0{,}00000225 . b + 0{,}000000937 . C'_1)$	$b^3 = 566{,}64 . C_1 (0{,}00000180 . b + 0{,}00000075 . C'_1)$
Flache Ziegel .	$b^3 = 531{,}0 . C_1 (0{,}00000257 . b + 0{,}00000107 . C'_1)$	$b^3 = 590{,}0 . C_1 (0{,}00000225 . b + 0{,}000000937 . C'_1)$	$b^3 = 708{,}0 . C_1 (0{,}00000180 . b + 0{,}00000075 . C'_1)$
Vermauerte Hohlziegel .	$b^3 = 808{,}6 . C_1 (0{,}00000257 . b + 0{,}00000107 . C_1')$	$b^3 = 898{,}4 . C_1 (0{,}00000225 . b + 0{,}000000937 . C'_1)$	$b^3 = 1078{,}0 . C_1 (0{,}00000180 . b + 0{,}00000075 . C'_1)$

Bei der Anwendung dieſer Formeln kann man zuerſt den Ausdruck der Höhe b des Stücks in dem zweiten Gliede der Gleichung, welcher im Verhältniß zum zweiten Gliede ſehr ſchwach iſt, unberückſichtigt laſſen. Durch eine zweite Rechnung ſubſtituirt man in dem zweiten Gliede der obigen Gleichungen den erſten für b gefundenen Werth und erhält ſomit einen anderen, der ſtets genau genug iſt.

Die auf den zweiten Ausdruck des zweiten Gliedes reducirten Formeln und ihre Reſultate ſind in folgender Tabelle enthalten.

Digitized by Google

Art des Daches	Formeln für die roh beſchlagenen Balken R = 700000 Kil. a = b	mit dem Beil beſchlagenen Balken R = 800000 a = 0,9 b	ausgeſuchten ſcharfkantigen Balken R = 1000000 a = 0,75 b
Zink	$b^3 = 0{,}00026 \cdot C, C'$,	$b^3 = 0{,}00026 \cdot C, C'$,	$b^3 = 0{,}00026 \cdot C, C'$,
Schiefer	$b^3 = 0{,}00045 \cdot C, C'$,	$b^3 = 0{,}00043 \cdot C, C'$,	$b^3 = 0{,}00043 \cdot C, C'$,
Flache Ziegel	$b^3 = 0{,}00057 \cdot C, C'$,	$b^3 = 0{,}00056 \cdot C, C'$,	$b^3 = 0{,}00053 \cdot C, C'$,
Vermauerte Hohlziegel	$b^3 = 0{,}00087 \cdot C, C'$,	$b^3 = 0{,}00084 \cdot C, C'$,	$b^3 = 0{,}00081 \cdot C, C'$,

Die numeriſchen Operazionen, welche dieſe Formeln erfordern, ſind für verſchiedene Dachſtuhllichten angeſtellt worden, indem man annahm, die Tragweite des Spannriegels betrage ein Drittel dieſer Lichten. Die folgende Tabelle enthält die Querdimenſionen der Dachſtuhlſtreben je nach der Beſchaffenheit der Balken für die verſchiedenen Arten von Dächern, und zwar mit Lichten zwiſchen 15 und 36 Meter. Bei jedem anderen Verhältniß zwiſchen der Totaltragweite des Dachſtuhls und der des Spannriegels muß man die allgemeinen oben angegebenen Formeln zu Hilfe nehmen.

Tabelle der Dimenſionen der untern Dachſtuhlſtreben bei Dachſtühlen nach Palladio von verſchiedenen Tragweiten.

Art des Daches	Tragweite des Spannriegels 2 C'	Tragweite totale des Dachſtuhls 2 C''	Roh beſchlagene Balken a = b	Mit dem Beil beſchlagene Balken a = 0,9 b		Ausgeſuchte ſcharfkantige Balken a = 0,75 b	
				b	a	b	a
	m.	m.	$b^3 = 0{,}00026\ C, C'$,	$b^3 = 0{,}00025\ C, C'$,		$b^3 = 0{,}00024\ C, C'$,	
Zink Nr. 14. Neigung zum Horizont 20°	5	15	0m148	0m146	0m139	0m144	0m108
	6	18	0,167	0,165	0,149	0,164	0,123
	8	24	0,206	0,200	0,180	0,197	0,148
	10	30	0,235	0,230	0,207	0,229	0,172
	12	36	0,265	0,262	0,236	0,258	0,194
			$b^3 = 0{,}00045\ C, C'$,	$b^3 = 0{,}00044\ C, C'$,		$b^3 = 0{,}00043\ C, C'$,	
Schiefer 40°	5	15	0,178	0,176	0,158	0,175	0,131
	6	18	0,200	0,199	0,179	0,198	0,149
	8	24	0,243	0,242	0,218	0,240	0,180
	10	30	0,282	0,280	0,252	0,278	0,209
	12	36	0,318	0,316	0,284	0,314	0,236
			$b^3 = 0{,}00057\ C, C'$,	$b^3 = 0{,}00053\ C, C'$,		$b^3 = 0{,}00053\ C, C'$,	
Flache Ziegel 40°	5	15	0,193	0,190	0,171	0,188	0,141
	6	18	0,216	0,214	0,193	0,212	0,159
	8	24	0,263	0,260	0,234	0,257	0,193
	10	30	0,305	0,302	0,272	0,298	0,224
	12	36	0,344	0,341	0,307	0,337	0,253
			$b^3 = 0{,}00087\ C, C'$,	$b^3 = 0{,}00084\ C, C'$,		$b^3 = 0{,}00081\ C, C'$,	
Vermauerte Hohlziegel 30°	5	15	0,222	0,219	0,197	0,217	0,163
	6	18	0,250	0,247	0,222	0,244	0,183
	8	24	0,306	0,300	0,270	0,295	0,221
	10	30	0,350	0,347	0,312	0,343	0,257
	12	36	0,396	0,392	0,353	0,387	0,290

Digitized by Google

317. Anwendung auf die Spannbalken der Dachſtühle nach Palladio. — Die auf dieſe Spannbalken bezügliche Formel iſt (§. 314)

$$R = (P + \tfrac{1}{2} p C_1) \frac{\text{tang } a}{A} + \tfrac{1}{2} d A C''^2 \frac{v'}{J};$$

und nimmt man an, der Spannriegel liege im zweiten Drittel der Höhe, wo alsdann $P = \tfrac{1}{2} p C$ iſt, und ſetzt man $\text{tang } a = \frac{C'_1}{h_1}$, indem man mit C'_1 die horizontale Projekzion der Höhe der unteren Dachſtuhlſtrebe und mit h_1 ſeine vertikale Projekzion bezeichnet, ſo erhält man die Formel

$$R = \tfrac{1}{8} (4 p C + 5 p C_1) \frac{C'_1}{A h_1} + \tfrac{1}{2} d A C''^2 \frac{v'}{J},$$

oder $$R = \tfrac{1}{8} p C_1 \frac{C'_1}{A h_1} + \tfrac{1}{2} d A C''^2 \frac{v'}{J},$$

wenn $C = \tfrac{1}{2} C_1$ und wenn der Spannbalken nur ſein Eigengewicht trägt, und

$$R = \tfrac{1}{8} (4 p C + 5 p C_1) \frac{C'_1}{A h_1} + \tfrac{1}{2} d A C''^2 \frac{v'}{J},$$

oder $$R = \tfrac{7}{8} p C_1 \frac{C'_1}{A h_1} + \tfrac{1}{2} d A C''^2 \frac{v'}{J},$$

wenn $C = \tfrac{1}{2} C_1$ und wenn man ſein Eigengewicht in Rechnung bringt.

Da die Spannbalken in der Regel einen rektangulären Durchſchnitt haben, ſo iſt

$$A = a b, \quad \frac{v'}{J} = \frac{6}{a b^2};$$

die Formel lautet folglich

$$R = \tfrac{7}{8} \frac{p C_1}{a b} \cdot \frac{C'_1}{h_1} + \frac{3 d C''^2}{b},$$

in dem Fall, daß keine Belaſtung auf den Spannbalken drückt, und

$$R = \tfrac{7}{8} \frac{p C_1}{a b} \cdot \frac{C'_1}{h_1} + \frac{3 p' C''^2}{a b^2},$$

für den Fall, daß eine gleichmäßig vertheilte Belaſtung $2 p' C''$ auf dem Spannbalken liegt. In dem erſten Fall gibt die Formel

$$a b = \frac{1}{8 R} (7 p C_1 \frac{C'_1}{h_1} + 24 d a C''^2).$$

Iſt der Spannbalken von Holz und nimmt man an, a ſei $= 0{,}75\, b$ und $R = 800000^{\text{Kil.}}$, ſo wird das Verhältniß

$$b^3 - 0{,}00000375\, d C''^2 b - 0{,}00000146\, p C_1 \frac{C'_1}{h_1} = \text{Null}.$$

Nimmt man an, der Spannbalken ſei aus Tannenholz und d ſei $= 600^{\text{Kil.}}$, ſo iſt

$$b^2 - 0{,}00225\, C''^2 b - 0{,}00000146\, p C_1 \frac{C'_1}{h_1} = \text{Null}.$$

Um die den verſchiedenen Tragweiten und den einzelnen Arten von Dächern entſprechenden Werthe von a und b zu erhalten, muß man in dieſe Formel die Werthe von $p C_1$ und $\frac{C'_1}{h_1}$ ſubſtituiren, wie ſie ſich auf jeden einzelnen Fall beziehen und wie ſie in §. 305 enthalten ſind. Hieraus ergeben ſich die praktiſchen Formeln. Bei Dachſtühlen aber mit großen Tragweiten bedient man ſich in dem Fall, daß die Spannbalken keinen Boden zu tragen haben, beſſer des Eiſens anſtatt des Holzes.

318. Eiſerne Zugbänder. — In dieſem Falle wird der feſte Körper nie belaſtet, und da er immer von einer oder mehreren Hängſtangen getragen wird, ſo braucht man ſein Eigengewicht nicht zu berückſichtigen, und die Formel reducirt ſich alsdann auf

$$R = \tfrac{1}{8} \frac{p C_1}{A} \cdot \frac{C'_1}{h_1}.$$

Iſt der Durchſchnitt rektangulär, $A = a b$, und nimmt man R zu $6000000^{\text{Kil.}}$ an, ſo erhält man

$$a b = 0{,}000000146\, p C_1 \frac{C'_1}{h_1}.$$

Macht man $a = \tfrac{1}{5} b$, ſo iſt

$$b^2 = 0{,}000000730\, p C_1 \frac{C'_1}{h_1}.$$

Bei einem kreisrunden Durchſchnitt wäre $A = \frac{d^2}{1{,}273}$, indem d der Durchmeſſer iſt; und dieſen Werth von A in die allgemeine Formel ſubſtituirt, erhält man

$$d^2 = \frac{7 \times 1{,}273}{8 R} \cdot p C_1 \frac{C'_1}{h_1} = 0{,}000000186\, p C_1 \frac{C'_1}{h_1}.$$

Der Dachſtuhl nach Palladio, deſſen Verhältniſſe wir bisher beſprochen haben, iſt dadurch, daß man jetzt das Eiſen anſtatt des Holzes anwendet, und durch eine andere Konſtrukzionsart, mit welcher wir uns in den folgenden §§. beſchäftigen werden, ziemlich verlaſſen.

319. Einfluß der Temperaturveränderungen auf die Spannung der Zugbänder. — Die durch die Temperaturveränderungen erzeugten Verlängerungen und Verkürzungen üben auf die Spannung der Zugbänder einen Einfluß aus, der nothwendig in Rechnung gebracht werden muß.

Digitized by Google

Tabelle der linearen Ausdehnungen der festen Körper vom Gefrierpunkt an bis zum Siedepunkt des Wassers nach Laplace und Lavoisier.

Bezeichnung der Stoffe.	Ausdehnung in Brüchen	
	Decimalbrüche	Gewöhnliche Brüche
Nicht gehärteter Stahl	0,00107915	$\frac{1}{927}$
Gelber gehärteter Stahl, ausgeglüht zu 65° . .	0,00123956	$\frac{1}{807}$
Weiches Schmiedeisen .	0,00123045	$\frac{1}{819}$
Rundes Eisen, durch das Zieheisen gegangen . .	0,00123504	$\frac{1}{810}$
Scheidegold	0,00146606	$\frac{1}{682}$
Pariser Gold, ausgeglüht	0,00151361	$\frac{1}{661}$
„ „ nicht ausgeglüht	0,00155155	$\frac{1}{645}$
Kupfer	0,00171220	$\frac{1}{584}$
Gelb. Kupfer od. Messing	0,00186670	$\frac{1}{535}$
Pariser Silber	0,00990868	$\frac{1}{524}$
Kapellenfilber	0,00190974	$\frac{1}{514}$
Zinn aus Indien oder Malacca	0,00193765	$\frac{1}{516}$
Blei	0,00284836	$\frac{1}{351}$

Wir haben gesehen, wie die Spannung eines Zugbandes berechnet werden muß, damit es die Enden der Pieces, welche es in der erforderlichen Distanz verbindet, festhält, und wie in §. 44 gezeigt worden ist, darf diese normale Spannung, damit die Konstrukzion dauerhaft sei, $6^{\text{Kil.}}102$ bei dem weichen Eisen z. B., dessen elastische Verlängerungsgrenze $0^{\text{m}}00066$ pro Meter beträgt und einer Spannung von $12^{\text{Kil.}}205$ entspricht, nicht überschreiten. Nimmt man nun an, das Dachwerk sei bei einer Temperatur t aufgestellt worden und die Temperatur habe sich bis zu t' abgekühlt, so ist der Fall derselben $t - t'$. Nach Laplace und Lavoisier sind die Ausdehnungen und Verkürzungen der festen Körper innerhalb gewisser Grenzen proporzional den Temperaturveränderungen in einem Verhältniß, welches bei dem Schmiedeisen für eine Differenz der Temperatur von 100° $0^{\text{m}}00122$ beträgt. Folglich muß bei einem Temperaturunterschied von $t - t'$ die Verkürzung $0^{\text{m}}0000122\,(t - t')$ betragen, und da man weiß, daß das weiche Eisen von derselben Fabrikazionsart wie dasjenige, aus welchem diese Zugbänder gemacht werden, sich unter einer Kraft von $14^{\text{Kil.}}75$ pro Quadratmillimeter Durchschnitt um $0^{\text{m}}0008$ verlängert, so muß die Zunahme der Spannung, die der Längenveränderung $0^{\text{m}}0000122\,(t - t')$ pro Meter entspricht, ausgedrückt werden können durch das Verhältniß

$$0^{\text{m}}0008 : 14^{\text{Kil.}}75 = 0^{\text{m}}0000122\,(t - t') : x$$
$$= 0^{\text{Kil.}}225\,(t - t')$$

oder pro Quadratmeter

$$225^{\text{Kil.}}0\,(t - t').$$

Hat man also die Spannung T irgend eines eisernen Zugbandes des Daches bestimmt, so ist die von jedem Quadratmeter seines Durchschnitts getragene entsprechende Kraft $\frac{T}{A}$, und diese Kraft plus derjenigen, welche der Temperaturveränderung entspricht, muß höchstens gleich sein der Spannung, welche der Elasticitätsgrenze entspricht und die $12000000^{\text{Kil.}}$ beträgt. Man erhält also das Verhältniß

$$12000000^{\text{Kil.}} = \frac{T}{A} + 225^{\text{Kil.}}0\,(t - t').$$

woraus $$A = \frac{T}{12000000^{\text{Kil.}} - 225^{\text{Kil.}}(t - t')}.$$

Ardant ist der Ansicht, man könne als äußerste freilich nur momentane Grenze der Spannung, welche ein eisernes Zugband durch die Abkühlung erleidet, den Werth von $12000000^{\text{Kil.}}$ pro Quadratmeter oder $12^{\text{Kil.}}$ pro Quadratmillimeter annehmen; es wäre indessen klüger nur bis zu $10^{\text{Kil.}}$ pro Millimeter zu gehen. Uebrigens geht so viel aus allen diesem hervor, daß man besser daran thut, solche Dachwerke in den Jahreszeiten aufzustellen, wo die Temperatur niedrig ist, als im Sommer.

320. Eine Piece auf zwei Stützen aufliegend und unten durch eine eiserne Hängestange nnd zwei Zugbänder verstärkt.

Fall, wo der Körper in seiner Mitte belastet ist. — Es sei (Fig. 56) 2 P die Belastung in der Mitte, 2 C die Totaltragweite A B, T die Spannung der Zugbänder, C D = h die Länge der Hängestange, B D = l die Länge jedes Zugbandes. Stellt man sich die Bedingung, daß die Spannung der Zugbänder B D und A D der Last 2 P das Gleichgewicht halten soll und ist D F E G eine Raute, so erhält man, wenn D E = 2 P ist, durch die Aehnlichkeit der Dreiecke D F H und B C D das Verhältniß

D F oder T : D H oder P = l : h, woraus $T = \frac{Pl}{h}$.

Digitized by Google

Hieraus geht hervor, daß die Spannung des Zugbandes in dem Grade zunimmt als die Hängeſtange kleiner wird. Bei dieſem Werth der Spannung T kann man annehmen, der Punkt C verändere ſich nicht unter der Laſt 2 P und der Körper ſei wie in C feſtgehalten.

Der vertikale Druck in B und die Reakzion des Stützpunktes, welche den Körper C B zu biegen ſucht, iſt P und das Moment hiervon iſt P C; das der Spannung T des Zugbandes, welche ſich dieſer Biegung entgegenſetzt, iſt $T \times CJ = \frac{ThC}{l}$, wenn ſich nämlich $CJ : h = C : l$ verhält. Damit die Piece oder das Verbandſtück unter der Wirkung dieſer beiden Kräfte ſein Gleichgewicht behaupte, müſſen die Momente derſelben gleich ſein, folglich

$$T . CJ = \frac{ThC}{l} = PC,$$

was mit dem vorigen Verhältniß übereinſtimmt. Gibt man ſomit dem Zugband die Spannung $T = \frac{Pl}{h}$, ſo hat man das Gleichgewicht zwiſchen den Kräften, welche das Verbandſtück zu biegen ſuchen, hergeſtellt; dieſes iſt alſo nur einer Kompreſſionskraft gleich $\frac{TC}{l} = \frac{PC}{h}$ unterworfen, und folglich kann der Flächenraum des Durchſchnittes $A = ab$ dergeſtalt berechnet werden, daß die Laſt pro Einheit der Fläche $\frac{PC}{hab}$ nicht die in der Tabelle von 313 gegebene Grenze überſchreitet. Man muß ſie alſo durch die Methode des Probirens beſtimmen, und damit das Verbandſtück der Biegung in der einen Richtung nicht mehr ausgeſetzt ſei als der in der anderen, muß man $a = b$ machen.

Bei dem Vorhergehenden iſt angenommen, die Belaſtung ruhe feſt im Punkte C. Handelte es ſich aber um eine bewegliche Belaſtung, wie dies bei den Brücken der Fall iſt, ſo würde ſich das Verbandſtück, wenn die Laſt vorüber wäre und ſein Gewicht 2 P nicht mehr einwirkte, die Spannung des Zugbandes aber noch fortbeſtünde, von unten nach oben durch die Wirkung dieſer Spannung zu biegen ſuchen, deren Moment vorher beſtimmt und gleich P C gemacht worden wäre. Das Verbandſtück mußte ſomit ſolche Dimenſionen haben, daß zwiſchen den Widerſtänden der Faſern gegen Kompreſſion und Extenſion und der äußeren Kraft das Verhältniß $\frac{RJ}{v'} = PC$ beſtände, wobei von ſeinem Eigengewicht abſtrahirt würde; hieraus geht hervor, daß ſie die nämlichen ſein müßten, wie wenn die Piece keine Zugbänder hätte und in ihrer Mitte der Laſt 2 P unterworfen wäre. Die ganze Wirkung der Zugbänder würde ſich alſo in dieſem Fall darauf reduciren, daß ſie den Körper in entgegengeſetzter Richtung wie die Laſt zu biegen ſuchten. Man darf alſo nicht annehmen, daß die Biegung Null iſt, wenn er der Belaſtung unterworfen iſt, und damit die abſolute Biegung die kleinſte ſei, muß man annehmen, daß die Biegung in beiden Fällen, einmal unter und das anderemal über der Horizontalen die nämliche iſt. Somit müßte man nur

$$\frac{Th}{l} = \frac{P}{2}, \text{ und folglich } T = \frac{Pl}{2h}$$

machen, woraus ſich als Moment dieſer Spannung

$$T \times CJ = \frac{PC}{2}$$

ergäbe, ſo daß in dem Fall, wo die Laſt 2 P in C ruht, das Uebergewicht des Moments P C der halben Belaſtung, die das Zugband in der einen Richtung zu biegen ſucht, über das Moment der Spannung T, welche ihn in entgegengeſetzter Richtung zu biegen ſtrebt

$$PC - T \times CJ = \frac{PC}{2}$$

wäre, und daß nach Entfernung der Belaſtung das Moment der Spannung des Zugbandes, die allein noch fortbeſtände, ebenfalls $\frac{PC}{2}$ wäre, aber in entgegengeſetzter Richtung wirkte. Folglich müſſen die Dimenſionen des Querdurchſchnittes der Piece durch die Formel

$$\frac{RJ}{v'} = \frac{PC}{2}$$

beſtimmt werden. Nimmt man unter dieſen Verhältniſſen an, die Laſt 2 P ſei in der Mitte des Intervalls B C oder in der Entfernung $\frac{C}{2}$ von einem oder dem anderen Punkte angelangt, ſo läßt ſich dieſe Laſt als in zwei andere gleich P zerlegt betrachten, von welchen die eine, die auf C drückt, der Reſultante der den Zugbändern gegebenen Spannungen gleich und entgegengeſetzt iſt und folglich die Wirkung dieſer Reſultante aufheben und den Punkt C wieder auf die Horizontale zurückführen muß. Da die Punkte B und C unveränderlich ſind, ſo muß man alſo annehmen, die Piece liege auf zwei Stützpunkten B und C und ſei einer Laſt 2 P unterworfen, die in der Entfernung $\frac{C}{2}$

Digitized by Google

von jedem dieſer Punkte einwirkt. Das Moment der Reakzion des Stützpunktes, welche die Piece zu biegen ſucht, muß $P \cdot \frac{C}{2}$, das Moment der Spannung der Zugbänder muß ebenfalls $\frac{PC}{2}$ ſein; folglich verändert das Ende B ſeine Stelle nicht, und die Piece mit ihren unveränderlichen Enden B und C läßt ſich betrachten als an dieſen Punkten feſtgehalten. Ihre Mitte, die der Laſt 2 P unterworfen iſt, biegt ſich alſo, wie in §. 210 angegeben worden iſt, und man hat die Gleichung

$$f = \tfrac{1}{24} \frac{PC^3}{EJ}.$$

Liegt die Laſt näher an B, ſo biegt ſich die Piece durch die Wirkung des Zugbandes von unten nach oben, und liegt die Laſt näher an C, ſo biegt ſich der Körper von oben nach unten. In allen Fällen aber iſt der größte Werth des Moments der biegenden Kraft $\frac{PC}{2}$, und beſtimmt man die Dimenſionen nach der Formel $\frac{EJ}{v'} = \frac{PC}{2}$, ſo iſt die erforderliche Feſtigkeit gegeben.

Um das Gewicht der Brückenbahn und des Zimmerwerks in Rechnung zu bringen, nennt man dieſes Gewicht pro Längenmeter p und addirt dann zur Laſt 2 P das Gewicht $\frac{2pC}{2} = pC$ hinzu, ſo daß das Moment der Kraft, die den Körper von oben nach unten zu biegen ſucht, ausgedrückt wird durch

$$\left(P + \tfrac{pC}{2}\right) C.$$

Da das Moment der Spannung $T \times CJ = Th\frac{C}{l}$ iſt, ſo muß man, um in den beiden Fällen, wo die Laſt in C ruht und wo ſie vorüber iſt, die Biegung gleich zu machen, das Verhältniß haben

$$T \times CJ = \frac{ThC}{l} = \tfrac{1}{2}\left(P + \tfrac{pC}{2}\right) C,$$

woraus

$$T = \tfrac{1}{2} \frac{\left(P + \frac{pC}{2}\right) l}{h};$$

hieraus ergibt ſich der Durchmeſſer des Zugbandes, indem nämlich $\frac{T}{A} = 6^{\text{Kil.}}$ iſt. Anderſeits berechnet man wieder die Dimenſionen der Piece A B durch die Formel

$$\frac{EJ}{v'} = \tfrac{1}{2}\left(P + \tfrac{pC}{2}\right) C.$$

Handelt es ſich nur um eine gleichmäßig vertheilte Belaſtung, ſo ſetzt man P = Null und hat dann

$$T = \tfrac{1}{4}\frac{pCl}{h} \text{ und } \frac{EJ}{v'} = \tfrac{1}{4} pC^3.$$

Dieſe letzten Ausdrücke gelten für die Streben der Dachſtühle mit eiſernen Zugbändern und umgekehrten Hängeſtangen, indem man die Laſt pro laufenden Meter ihrer Horizontalprojekzion für p ſetzt und den Längendruck, welcher durch die Spannung des Zugbandes und die Reakzion der Stütze entſteht, unberückſichtigt läßt, was in den meiſten Fällen, wie man geſehen hat, angeht.

Die durch eine umgekehrte Hängeſtange und durch eiſerne Zugbänder verſtärkten Pieces laſſen ſich als Brückenbalken verwenden, wenn man von der Länge der unten angebrachten Hängeſtange keinen Uebelſtand zu befürchten hat.

Es muß bemerkt werden, daß bei der Bewegung nach abwärts, wodurch die Mitte C der Piece, ſobald die Laſt daſelbſt angelangt iſt, auf die Horizontale zurückgeführt wird, die Länge der Zugbänder und folglich auch ihre Spannung variirt, obwohl ſo gering, daß man gänzlich davon Umgang nehmen kann, wie es in unſeren Berechnungen auch der Fall war.

321. Dachſtühle von großen Tragweiten mit eiſernen Zugbändern und Strebebändern. — Heut zu Tage iſt mit Vortheil eine Art Dachſtuhl im Gebrauch, deſſen hölzerne und noch öfters eiſerne Dachſtuhlſtreben A B und A¹B (Fig. 57) in der Mitte von einem Strebeband C E oder C¹ E¹, welches ſenkrecht auf ihrer Länge ſteht, geſtützt werden; das Strebeband wird von zwei eiſernen Zugbändern gehalten, von denen das eine A E oder A¹E¹ zum Hauptzugband gehört und das andere B E oder B E¹ den Firſt mit dem Ende E oder E¹ des Strebebandes verbindet. Die beiden Enden E und E¹ der Strebebänder ſind durch ein horizontales Zugband E E¹ verbunden, welches zuweilen in der Verlängerung der Linie A A¹ liegt, noch häufiger aber höher als dieſe Linie und mit ihr parallel läuft. Man muß die Konſtrukzionsverhältniſſe dieſer Dachſtühle unterſuchen, um die Dimenſionen ihrer einzelnen Theile beſtimmen zu können, und zwar wollen wir bei dem einfachſten Fall anfangen, wo A E, E E¹ und E¹ A¹ alle in derſelben Linie liegen und horizontal ſind.

Nennen wir 2 C¹ die Totaltragweite des Dachbinders A A¹,

C die Tragweite A B = B A¹ jeder der Dachbinderſtreben A B und B A¹,

Digitized by Google

h, die Länge der Strebebänder CE und C'E',

l die Länge AE = BE, AE' = BE' der ſchrägen Zugbänder,

h die Totalhöhe BB' des Dachſtuhls,

α den Winkel der Dachſtuhlſtrebe mit dem Zugband AE und hier mit der Horizontalen.

Unterſuchen wir zuerſt die Gleichgewichtsverhältniſſe der Dachſtuhlſtrebe unter der Einwirkung der gleichmäßig auf ihr vertheilten Laſt p, der Reakzion P der Mauer oder des Stützpfoſtens, der von dem Strebeband CE fortgepflanzten Kraft, die wir S nennen wollen, und der Spannung Q des Schenkels AE des Zugbandes. Nehmen wir an, die Spannung der Zugbänder AE und BE ſei dergeſtalt beſtimmt werden, daß das Dreieck ABE ſtets dasſelbe ſei oder daß die Punkte A, C und B in gerader Linie blieben, und ſuchen wir die Spannung T des Zugbandes EE' dergeſtalt zu beſtimmen, daß es die beiden Theile ABE und A'BE' des Daches zuſammenhält, indem wir den Widerſtand der Verbindung in B als Null betrachten. Das Moment der Spannung T, welches Th iſt, muß gleich ſein dem Moment PC' der Reakzion P auf den Stützpunkt in A weniger der Summe der Momente der gleichmäßigen Belaſtung, welche Summe $\frac{1}{2}$ pCC' iſt; das Gleichgewichtsverhältniß iſt alſo

$$Th = PC' - \tfrac{1}{2}pCC' = \frac{pCC'}{2},$$

wenn nämlich P = pC iſt, und wenn man unter p oder unter der Laſt pro Längenmeter der Dachſtuhlſtrebe das Eigengewicht des Dachwerks verſteht; hieraus folgt

$$T = \frac{pCC'}{2h}.$$

Gehen wir nun zur Beſtimmung der Spannungen T' und T'' der Zugbänder AE und BE über. Da durch die Wirkung der Spannung T des Zugbandes EE', die durch das Zugband AE fortgepflanzt wird, der Punkt A ſo wie die Spitze B unbeweglich iſt, ſo läßt ſich die Dachſtuhlſtrebe als ein feſter Körper betrachten, der auf zwei Stützpunkten liegt und einer gleichmäßigen Belaſtung pC unterworfen iſt, die ihn zu biegen ſucht. Nun weiß man aber (§. 174), daß in dieſem Fall die Belaſtung einem Gewicht $\frac{1}{2}$ pC gleichkommt, welches in der Mitte der Länge oder in C liegt und ſenkrecht wirkt. Folglich handelt es ſich darum, von unten nach oben oder von E nach C eine Widerſtandskraft fortzupflanzen, die der Komponenten dieſes Gewichts, welche, um den Punkt C niederzudrücken, in entgegengeſetzter Richtung von C nach E wirkt, gleich ſei. Auf einer Senkrechten CG trägt man nach einem gegebenen Maßſtab eine Länge CG auf, welche den Werth $\frac{pC\sin\alpha}{2}$ darſtellt; durch den Punkt G zieht man GH parallel der Dachſtuhlſtrebe, und die Länge CH drückt nach dem Maßſtabe den Werth der durch die Belaſtung von oben nach unten oder von C nach E auf das Zugband ausgeübten Kraft aus. Das Stück CH macht man gleich EH' und durch den Punkt H' zieht man die Linien H'F und H'J parallel mit den Zugbändern AE und BE; die Stücke EF und EJ geben nach dem Maßſtab die Werthe der Spannungen T' und T'', welche dieſe Zugbänder ausüben müſſen, um das Sinken zu verhindern.

Das Zugband AE muß überdies der von dem Zugband EE' ausgeübten Spannung T widerſtehen; folglich iſt die Totalſpannung T_1 des Zugbandes AE

$$T_1 = T + T'.$$

Somit hat man die Spannungen der verſchiedenen Zugbänder.

Was die Strebe betrifft, ſo wird ihre Tragweite auf die Hälfte reducirt und ihre Enden werden durch die Zugbänder AE und BE fixirt; ihre Mitte C iſt bereits durch das Strebeband fixirt; folglich kann man annehmen, ſie ſei an dieſen 3 Punkten feſtgehalten. Ihre Dimenſionen werden wie die eines ſchrägen Körpers von der Länge $\frac{C}{2}$ berechnet, der ſeiner ganzen Länge nach gleichmäßig mit dem vertikalen Gewicht p pro Längenmeter belaſtet und mit ſeinen beiden Enden feſtgehalten iſt. Abſtrahirt man von der Wirkung der Kräfte, die in der Richtung der Länge wirken, was in den meiſten praktiſchen Fällen wohl angeht, ſo wird die ſenkrechte Komponente der Laſt, welche in der Mitte des feſten Körpers liegend der gleichmäßigen Belaſtung gleichkäme, durch

$$\tfrac{1}{2}p\,\frac{C\sin\alpha}{2} = \tfrac{1}{4}pC'$$

ausgedrückt. Die Tragweite der Piece iſt auf $\frac{1}{2}$ C reducirt, und die Hälfte davon oder der Hebelarm der als in der Mitte ruhend angenommenen Laſt iſt $\frac{1}{4}$ C; folglich iſt das Gleichgewichtsverhältniß zwiſchen dieſer Laſt und den Widerſtänden der Faſern

Digitized by Google

$$\frac{R J}{v'} = {}^1/_{16}\, p\, C\, C'.$$

Bei den feſten Körpern mit rechteckigem Durchſchnitt iſt $\frac{J}{v'} = {}^1/_6\, a\, b^2$; folglich hat man hier

$$a\, b^2 = \frac{3\, p\, C\, C'}{8\, R}.$$

Bei den eiſernen Dachſtuhlſtreben von doppelter TForm iſt

$$\frac{J}{v'} = \frac{a\, b^3 - 2\, a'\, b'^3}{6\, b},$$

und ſomit

$$\frac{a\, b^3 - 2\, a'\, b'^3}{6\, b} = \frac{p\, C\, C'}{8\, R}.$$

Dieſe Formel wendet man je nach den für das Profil der eiſernen Piece angenommenen Verhältniſſen an, wie oben geſagt worden iſt (§. 245).

322. Fall, wo das Zugband der Mitte höher iſt als die Stützpunkte des Dachſtuhls. — Hier muß man wie im vorigen §. verfahren, indem man mit h den vertikalen Abſtand B B' des Firſtes (Fig. 72) von dem horizontalen Zugband E E' bezeichnet, deſſen Spannung ebenfalls durch die Formel

$$T = \frac{p\, C\, C'}{2\, h}$$

gegeben iſt. Hier muß bemerkt werden, daß dieſe Kraft T', welche die Artikulazion E horizontal zu verſchieben ſucht, in dem Widerſtand des Zugbandes A E ein Gegengewicht haben muß, und daß ſie auch das Strebeband niederzudrücken ſucht. Man zerlegt ſie in zwei Kräfte, von welchen die eine nach dem Maßſtabe von der Seite E L des Parallelogramms E L K M gegeben iſt, deſſen Diagonale E K = T iſt; dieſe muß zur Komponenten der Kraft $\frac{p\, C}{2}$ in der Richtung des Strebebandes hinzuaddirt werden, um die Werthe der Spannungen T' und T'' der Zugbänder A E und B E beſtimmen zu können. Die andere Komponente T_1, welche dieſelbe Richtung wie das Zugband A E hat, muß zur Spannung T' addirt werden, und gibt ſo die Totalſpannung

$$T_1 = T_1 + T'.$$

323. Verſuche zur direkten Beſtimmung der Spannungen der Zugbänder. — Die vorſtehenden Betrachtungen, mit Hilfe welcher man die Spannungen der verſchiedenen Zugbänder der Dachſtühle beſtimmt hat, ſind auf die geometriſche Theorie der Zuſammenſetzung und der Zerlegung der Kräfte baſirt. Die einzige Hypotheſe, die man ſich erlaubt hat, iſt die, daß man den Widerſtand der Verbindungen gegen die Wirkung der Zugbänder unberückſichtigt ließ. In der That iſt es leicht einzuſehen, daß die Hebelarme der Laſten ſo wie deren Intenſität den Verbindungen gegenüber ſo groß ſind, daß dieſe augenblicklich aufgehoben würden, wenn kein Spannbalken exiſtirte oder wenn dieſer bedeutend nachgäbe; hieraus erklärt es ſich, warum man den Widerſtand der Verbindungen nicht in Rechnung zu bringen braucht.

Indeſſen waren einige ſpecielle Verſuche hierüber, um die Spannungen der verſchiedenen Spannbalken zuſammengeſetzter Dachſtühle zu meſſen und ſomit die oben gegebenen Regeln zu bewahrheiten, durchaus an ihrem Platze. Ich habe deshalb von Herrn Tresca, Ingenieur des Konſervatoriums der Künſte und Handwerke, folgende Verſuche anſtellen laſſen.

Zwei einfache Dachbinder (Fig. 74) mit hölzernen Streben wurden ſo aufgeſtellt, daß bei jedem derſelben eine der Streben aus zwei eine Zange bildenden Stücken zuſammengeſetzt war, welche die andere Strebe umfaßten und mit ihr durch einen einfachen Zapfen verbunden wurden, der durch die Spitzen beider Dachbinder durchgehend dieſen als Firſt diente und ein durchaus freies Charnier bildete. Die Füße der Streben waren abgerundet und ruhten auf zwei rechtwinklig eingeſchnittenen Schwellen; hierdurch ſollte die horizontale Druckwirkung der Streben genau in der Ebene der eiſernen Zugbänder, welche die Schwellen verbanden, fortgepflanzt werden, die Neigung der Streben mochte übrigens ſein, welche ſie wollte. Zwei eiſerne Zugbänder mit zwei Schenkeln, welche ſich gegen die Mitte der Tragweite zu einem einzigen vereinigten, wurden an einen Dynamometer feſtgehakt, um die Spannung zu meſſen. Die Schwellen ruhten auf einer feſtſtehenden horizontalen Ebene, und um den Widerſtand, den ſie beim Hinundhergleiten erfahren konnten, zu ſchwächen, lagen ſie auf gut abgedrehten und vollkommen freien Rollen von 6 Centimeter Durchmeſſer. Die Laſt auf den Streben war mittelſt hölzerner Kaſten von 0^m23 Breite bei 0^m75 Länge vertheilt; dieſe Kaſten ſtanden nebeneinander und nahmen eine beliebige Anzahl eiſerner Kugeln von durchſchnittlich 400 Grammes Gewicht auf. Die Kaſten waren getrennt und vollkommen unabhängig voneinander, ſo daß die Laſt in der That ſehr gleichmäßig vertheilt war. Nur war dieſe Laſt nicht genau auf die Achſe der Streben gerichtet, und die

Digitized by Google

Dicke dieſer wie die der Kugellagen war eine ſolche, daß die durch den Schwerpunkt der Laſt gehende Senkrechte um 0^m053 gegen die Schwelle zu von der durch die Mitte der Achſe der Strebe gehenden Senkrechten entfernt war; hierdurch wurde der mittlere Hebelarm der Laſt im Verhältniß zum Charnier der Spitze um dieſen Betrag vergrößert. Bei den Verſuchen war

$$2C' = AA' = 3^m38,\quad h = 1^m07,\quad C' = 1^m69.$$

Aus dem Vorhergehenden erhellt, daß der Hebelarm des auf die Schwellen ausgeübten vertikalen Drucks $P = pC$ ſo viel als $C' = 1^m69$ betrug, daß der mittlere Hebelarm der gleichmäßig vertheilten Belaſtung $\frac{C'}{2} + 0^m053 = \frac{1^m69}{2} + 0^m053 = 0^m898$ war, und daß der der geſuchten Spannung T des Zugbandes $h = 1^m07$ betrug. Somit konnte man dieſe Spannung durch die Formel

$$T \times 1^m07 = P \times 1^m69 - P \times 0^m898$$

berechnen, woraus

$$T = 0^m74\ P.$$

Uebrigens vergaß man nicht die Entfernung der Schwellen auf ihren urſprünglichen Werth $2C' = 3^m38$ zu reduciren. Die folgende Tabelle enthält die Reſultate der Berechnung und die des Verſuchs.

Gleichmäßig vertheilte Belaſtung auf die beiden Streben einer Seite	Spannung des Zugbandes	
	berechnet	beobachtet
Kil.	Kil.	Kil.
176,0	130,0	134,0
248,0	183,5	184,0
329,0	244,0	242,0

Die Uebereinſtimmung beider Reſultate iſt ſo vollſtändig als man nur wünſchen kann.

324. Verſuch mit einem zuſammengeſetztern Dachbinder. — Aehnliche Beobachtungen wurden an einem doppelten eiſernen Dachbinder mit Strebeband nach dem Syſtem der Fig. 75 angeſtellt. Auf die Spannriegel EE', AE und BE wurden Dynamometer oder gewöhnliche Wagen geſtellt, die man vorher tarirt hatte. Sie waren mittelſt Schraubenbügel angepaßt, ſo daß man die Länge der Spannriegel genau auf diejenige reduciren konnte, welche ſie vor der Belaſtung hatten, und wodurch die beiden parallelen Dachbinder dieſelbe Tragweite $2C'$ erhielten. Nachdem man die beiden Dachbinder aufgerichtet und ſich von der Gleichheit ihrer Tragweiten überzeugt hatte, belaſtete man ſie mit den Kaſten, von welchen oben die Rede war, und mit Hilfe der Schrauben führte man die durch die Ausdehnung der Wagen verlängerten Spannriegel genau auf ihre urſprüngliche Länge zurück, ſo daß man dergeſtalt die Spannung meſſen konnte, welche dieſe Zugbänder erlitten hätten, wenn ſie nicht von den dynamometriſchen Apparaten unterbrochen geweſen wären. Indem man nun die Spannungen der Zugbänder unter der angewandten Belaſtung berechnete oder durch ein graphiſches Verfahren ermittelte und dieſelben mit den beobachteten verglich, erhielt man die folgenden Reſultate; gegeben war dabei

$$EE' = 1^m262,\quad AE = A'E' = 0^m875,\quad BE = BE' = 0^m848,\quad h = 0^m595,\quad 2C' = 3^m012,$$

und folglich galt für dieſen Fall die Formel

$$T = P \cdot \frac{C'}{2h} = 1{,}265\ P.$$

Die folgende Tabelle enthält die berechneten ſo wie die beobachteten Spannungen.

Belaſtung jeder Strebe, P	Spannung der Zugbänder					
	EE'		BE		AE	
	berechnet	beobachtet	berechnet	beobachtet	berechnet	beobachtet
Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.
35	44,25	42,0	22,5	18,0	66,75	69,6
70	88,50	87,2	44,8	43,0	133,30	141,0

Digitized by Google

Die Reſultate der Beobachtung, die bald um mehr bald um weniger von den berechneten differiren, ſtimmen im Allgemeinen mit denſelben überein, ſo weit man es bei ſolchen Unterſuchungen verlangen kann, zumal wenn man bedenkt, daß die probirten Dachbinder eine große Anzahl Verbindungen darboten, welche in gewiſſen Fällen einen Widerſtand durch ſich ſelbſt gewähren konnten.

325. Folgerungen aus dieſen Verſuchen. — Man ſieht, daß die theoretiſchen Regeln mit den Beobachtungsreſultaten ſo genau übereinſtimmen, daß man dieſe Regeln ohne Furcht zur Berechnung der Spannung der Zugbänder anwenden kann, indem man hierbei den in §. 321 und 322 angegebenen Weg einſchlägt.

326. Dachſtühle nach Art der Stazionshallen der Eiſenbahn von Verſailles und Saint-Germain und des Manövrirſchoppens von Vincennes. — Bei Dachſtühlen von großer Tragweite hat man außer dem mittleren Strebeband noch zwei andere, die die beiden Hälften der Dachſtuhlſtreben noch einmal theilen, ſo daß dieſe alſo in dem Raum zwiſchen ihren Endpunkten dreimal geſtützt wird.

Wie in dem vorhergehenden Fall beſtimmt man zuerſt die Spannung T des horizontalen Zugbandes EE' (Fig. 73) durch die Formel

$$T = \frac{p C^2}{2 h}.$$

Alsdann erhält man durch graphiſche Konſtrukzion die Spannung T_2, welche die Zugbänder AH und CH und ihre Homologen ausüben müſſen, damit das Strebeband DH den Punkt D in der Geraden AB erhält, indem man annimmt, die gleichmäßig vertheilte Belaſtung $\frac{1}{2}$ p C, welche auf die Länge $AC = \frac{1}{2} C$ drückt, ſei durch ihr auf den Punkt D wirkendes Aequivalent $\frac{1}{4}$ p C erſetzt, und indem man durch die Konſtruirung eines Parallelogramms die Komponente dieſer Laſt in der Richtung DH des Strebebandes beſtimmt. Alsdann verfährt man wie in §. 321, um durch die Zeichnung die beiden Komponenten oder die beiden T_2 gleichen Spannungen, welche dieſer Laſt das Gleichgewicht halten müſſen, zu finden. Hierauf geht man zur Beſtimmung der Spannungen T' und T'' der Zugbänder EH und EG über. Hier aber muß man außer der in der Richtung CE gehenden Komponenten der Laſt $\frac{1}{4}$ p C, welche der gleichmäßig vertheilten Belaſtung des Theils DF der Strebe gleichkommt, auch noch der Reſultante der beiden Spannungen T_2, welche die Zugbänder CH und CG in Bezug auf C von oben nach unten ausüben, das Gleichgewicht halten; dieſe Reſultante, iſt übrigens wieder der nämlichen Komponenten von $\frac{1}{4}$ p C in der Richtung des Zugbandes gleich. Folglich ſind die Spannungen T' und T'' dieſelben wie bei den Dachſtühlen mit nur einem Strebeband.

Steht aber das Zugband EE' über der Horizontalen wie in der Figur, ſo muß man zur Komponenten der Laſt $\frac{p C}{2}$ die Komponente der Spannung T in der Richtung des Strebebandes CE addiren.

Die Spannung des Zugbandes BG iſt gleich der Summe ſeiner eigenen Spannung in Bezug auf das Strebeband FG und der Spannung T''.

Die Spannung des Zugbandes AH iſt ebenfalls die Summe der Spannungen T' und T_2; überdies muß man die Komponente T_3 der Spannung T'' der Bänder EE' und EG hinzu addiren. Man erhält ſomit ihren Werth T_4.

Die Spannungen aller Zugbänder ſind ſomit beſtimmt, und das Gleichgewicht des Syſtems iſt, wie man ſieht, auch ohne ein zweites horizontales Zugband CG', wie es einige Ingenieure in gewiſſen Fällen angewandt haben, vollkommen garantirt.

Was die Dachſtuhlſtrebe betrifft, ſo kann man ihre Dimenſionen vermindern, indem ſie an drei Zwiſchenpunkten ihrer Länge geſtützt und an ihren Enden befeſtiget wird; bei der Berechnung derſelben muß man im Auge behalten, daß jeder Theil nur noch eine Tragweite von $\frac{1}{4}$ C hat, und daß folglich die gleichmäßig auf der Strebe vertheilte Belaſtung nur einer Laſt $\frac{1}{8}$ p C in der Mitte des Raumes zwiſchen zwei aufeinander folgenden Einlaſſungspunkten gleichkommt, und daß endlich der Hebelarm dieſer Laſt nur $\frac{1}{4}$ C beträgt. Man hat alſo zur Beſtimmung ihrer queren Dimenſionen die Formel

$$\frac{RJ}{v'} = \frac{1}{64} \; p C C',$$

deren man ſich auf die gewöhnliche Weiſe bedient.

327. Von den Strebebändern. — Hat man die Druckkräfte ermittelt, welchen ſie unterliegen, ſo berechnet man leicht, welche Querdimenſionen ſie nach den Tabellen von §. 95 und 101 erhalten

Digitized by Google

müſſen. Uebrigens kann man hier das der Kompreſſion gut widerſtehende Gußeiſen anwenden.

328. Bemerkung über vorſtehende Regeln. — Bei unſerem einfachen Gang abſtrahirt man vollſtändig von der Straffheit der Verbindung der Dachſtuhlſtreben mit dem Firſte ſo wie von der Reibung der Streben mit den Stützen des Dachſtuhls und betrachtet nur das Gleichgewicht der als feſt verbunden angenommenen Piecen, indem man annimmt, das Syſtem ſei um ſeine Gliederungen herum vollkommen beweglich. Dieſe Hypotheſen führen zu viel größeren Spannungen als dieſe wirklich ſind, und ſind folglich der Dauerhaftigkeit der Konſtrukzion günſtig. Durch Ausgleichung und weil man bei großartigeren Dachſtühlen ausgeſuchte Materialien verwendet, kann man für den Koefficient R folgende Werthe annehmen:

$$R = 8000000^{Kil.} \text{ bei dem Schmiedeiſen,}$$

$$R = 1000000^{Kil.} \text{ bei dem Holz.}$$

329. Verbindungen. — Um die Verbindungen zu erleichtern, vereinigt man die Zugbänder paſſend durch Platten oder Scheiben von Schmiedeiſen, indem man jedes Zugband an ſeinem Ende breiter macht und mit einem runden Bohrloch verſieht, in welches ein Zapfen eingepaßt iſt, der durch die Platten geht. Bei großen Dachſtühlen muß man die Länge der für die Strebebänder beſtimmten Zugbänder reguliren, indem man den Dachſtuhl der Art aufſtellt, daß die Dachſtuhlſtrebe in der Mitte und oben die Biegung hat, welche durch die von dem entſprechenden Strebeband fortgepflanzte Kraft erzeugt würde, und deren Beſtimmung der §. 321 angibt. Nennt man dieſe Kraft S, ſo wird die Biegung von der Formel

$$f = \tfrac{1}{24} \frac{S C^2}{E J}$$

gegeben. Iſt die Strebe belaſtet, ſo kehrt ſie faſt ganz zur Geſtalt einer geraden Linie zurück.

Was das horizontale Zugband betrifft, ſo kann man an ſeinen der Dachſtuhlſtrebe zunächſt liegenden Enden einen Bügel auf einem Ringbolzen anbringen, mit welchem ſich das Zugband, deſſen Ende eine Schraube bildet, ſpannen läßt. Zuweilen geht dieſes Zugband auch durch den gußeiſernen Stiefel, der den Fuß der Dachſtuhlſtrebe aufnimmt, und wird mittelſt einer äußeren Schraube geſpannt und ſelbſt von inneren Gegenſchrauben gehalten.

330. Anwendungen auf das Manoeuvrirhaus zu Vincennes. — Dieſes Gebäude hat hölzerne Dachſtuhlſtreben und Strebebänder mit eiſernen Zugbändern. Uebrigens iſt es im Allgemeinen nach der in §. 326 angegebenen Methode konſtruirt; $2C'$ iſt gleich 23^m24, $C = 13^m84$. Die Totalhöhe des Dachſtuhls über ſeinen Stützen iſt 8^m45, unter dem Firſt gemeſſen; das horizontale Zugband aber liegt höher und zwar nur in einer Entfernung $h = 6^m10$ unter dem Punkte, wo die Mittellinien der Dachſtuhlſtreben zuſammentreffen. Die Entfernung zwiſchen den Dachbindern beträgt 3^m65. Es iſt mit Zink Nr. 14 gedeckt. Das hölzerne Geſpärre aber iſt ſchwerer als nothwendig geweſen wäre, wie ſich bei unſerer Berechnung herausſtellen wird; ſein Gewicht, welches pro Strebe nur $3233^{Kil.}$ hätte betragen dürfen, ſteigt mit Inbegriff der Belaſtung von Schnee und Wind auf $pC = 5200^{Kil.}$, dieſer Werth muß uns bei der Berechnung der Dimenſionen der Zugbänder zur Baſis dienen. Es iſt ſomit

$$T = \frac{5200 \times 11,62}{2 \times 6,10} = 4952^{Kil.}8.$$

Nimmt man an, die Spannung der Zugbänder ſei im Betrag von $6^{Kil.}$ pro Quadratmillimeter berechnet worden, ſo muß der Durchſchnitt des horizontalen Zugbandes ſein

$$\frac{4952^{Kil.}8}{6} = 825^{\square mil.},$$

und der Durchmeſſer des Eiſens

$$d = \sqrt{1,273 \times 825,5} = 32^{mil.}4.$$

Die Spannung der Zugbänder AH, CH, CG und BG, um den Strebebändern DH und FG die zum Stützen der Punkte D und F der Dachſtuhlſtrebe erforderliche und für jede Konſtrukzion mit Hilfe des Werthes (§. 326) $\frac{pC}{4} = 1300^{Kil.}$ zu beſtimmende Kraft zu überliefern, iſt $1550^{Kil.}$, was $\frac{1550}{6} = 258^{\square mil.}3$ Durchſchnitt und einen Durchmeſſer von $18^{mil.}20$ erfordert. Die Spannungen T' und T'', welche den Punkt C ſtützen müſſen und die nach dem Werthe berechnet ſind $\frac{pC}{2} = 2600^{Kil.}$, und die Komponente der Spannung $T = 4952^{Kil}8$ in der Richtung von CE, die gleich iſt $1120^{Kil.}$, betragen $5360^{Kil.}$, woraus ſich für das Zugband EG ein Durchſchnitt von $\frac{5360}{6} = 893^{\square mil.}33$ und ein Durch-

Digitized by Google

meſſer von $33^{mil.}40$ ergibt. Das Zugband HE muß überdies der Komponenten der Spannung T in ihrer Richtung, die gleich $4460^{Kil.}$ iſt, widerſtehen; ſeine Totalſpannung beträgt mithin

$$5360^{Kil.} + 4460^{Kil.} = 9820^{Kil.};$$

ſein Durchſchnitt muß alſo $\frac{9820}{6} = 1303^{\square mil.}6$ und ſein Durchmeſſer $40^{mil.}80$ betragen.

Das Zugband BG muß die Summe der Spannungen

T_2 und T'' oder $1550 + 5360 = 6910^{Kil.}$

tragen; ſein Durchſchnitt muß alſo $\frac{6910}{6} = 1151^{\square mil.}66$ und ſein Durchmeſſer $38^{mil.}4$ ſein.

Das Zugband AH endlich muß der Summe der Spannung T_2 und der Spannung von HE widerſtehen oder $1550 + 9820 = 11370^{Kil.}$;

ſein Durchſchnitt muß alſo $\frac{11370}{6} = 1895^{\square mil.}$ und ſein Durchmeſſer $49^{mil.}1$ ſein.

Dieſe Dimenſionen würden genügen; der Erbauer ſcheint nur auf einen Widerſtand von $5^{Kil.}$ pro □Millim. Durchſchnitt gerechnet zu haben, woraus ſich folgende Dimenſionen ergeben:

Bezeichnung der Zugbänder . . .	E E′ Mill.	E G Mill.	H C und C G Mill.	B G Mill.	H E Mill.	A H Mill.
Berechnete Durchmeſſer	35,6	37,0	19,9	41,0	50,0	54,0
Durchmeſſer des Erbauers . . .	40,0	36,0	20 und 27	40,0	55,0	55,0

Man ſieht, daß zwiſchen den angenommenen und den berechneten Dimenſionen eine ziemliche Uebereinſtimmung herrſcht, wie wir es bei der Annahme einer Spannung von $5^{Kil.}$ pro Quadratmillimeter angegeben haben. Wir glauben aber, daß man mit vollkommener Sicherheit die obigen auf eine permanente Spannung von $6^{Kil.}$ pro □ Millim. Durchſchnitt baſirten Werthe hätte annehmen können.

Was die Dachſtuhlſtreben betrifft, ſo reducirt ſich ihre Formel $\frac{R J}{v'} = \frac{1}{64} p C C'$ auf die Formel

$$\frac{R a b^2}{6} = \frac{5200 \times 11,62}{64},$$

woraus $$a b^2 = \frac{3}{32} \frac{5200 \times 11,62}{800000}.$$

Nimmt man das Verhältniß $a = \frac{2}{3} b$ an, ſo erhält man

$$b^3 = \frac{9}{64} \cdot \frac{5200 \times 11,62}{800000};$$

folglich $b = 0^m22$ und $a = 0^m15$. Dieſe Dimenſionen ſind geringer als die des Erbauers.

Im Allgemeinen hätten alle Dimenſionen dieſes Dachſtuhls vermindert werden können. Das Gewicht der Bedachung ſo wie das des Zimmerwerks wurden zu hoch geſchätzt und die Dimenſionen der Zugbänder wurden, wie man ſo eben geſehen hat, in der Vorausſetzung berechnet, das Eiſen ſei bloß einer Spannung von $5^{Kil.}$ unterworfen, während man im vorliegenden Fall, wo man die zufälligen weiteren Belaſtungen, wie Schnee und Wind, in Rechnung bringt, ohne Gefahr $R = 8000000^{Kil.}$ hätte ſetzen können. Mit dieſer Modifikazion würden ſich immer noch hinreichende Dimenſionen für die Zugbänder ergeben haben. Selbſt für die hölzernen Verbandſtücke, welche ausgeſucht, gut angeſtrichen und durchlüftet ſind, hätte man R zu $1000000^{Kil.}$ annehmen können, wodurch ihr Querſchnitt und folglich ihr Gewicht geringer geworden wäre.

331. Anwendung auf den eiſernen Dachſtuhl der Stazionshalle der Eiſenbahn von Saint-Germain und Verſailles. — Dieſer durchaus eiſerne Dachſtuhl hat eine Tragweite $2C' = 27^m24$ und 6 Meter Höhe. Das horizontale Zugband liegt in einer Höhe $h = 4^m88$ unter dem Firſt. Das Totalgewicht der von jeder Dachſtuhlſtrebe getragenen Laſt iſt ungefähr $pC = 4770^{Kil.}$. Die Spannung des Horizontalzugbandes EE′ iſt alſo

$$T = \frac{4770 \times 13^m62}{2 \times 4,88} = 6656^{Kil.}$$

Rechnet man $6^{Kil.}$ Spannung pro Quadratmillimeter, ſo müßte das Zugband EE′ einen Durchſchnitt von $\frac{6656}{6} = 1109^{\square mil.}3$ und folglich einen Durchmeſſer $d = 37^m6$ haben.

Die Spannung T_2 der Bänder CH und CG (Fig 73) muß mit Hilfe der Laſt $\frac{pC}{4} = 1192^{Kil.}5$, die in D liegend angenommen und in der Richtung des Strebebandes (nach §. 326) zerlegt iſt, beſtimmt werden. Die Zeichnung gibt $T_2 = 1840^{Kil.}$; der Durch-

Digitized by Google

ſchnitt dieſer Bänder muß alſo $\frac{1840}{6} = 306^{\square mil.}6$ Flächenraum und $19^{mil.}75$ Durchmeſſer haben.

Die Zugbänder E H und E G zum Stützen des Strebebandes C E müſſen eine Spannung haben, die einerſeits von der auf C wirkenden Laſt $\frac{pC}{2} = 2385^{Kil.}$ beſtimmt, nach der Richtung C E zerlegt und mit der Komponenten der Spannung T des Zugbandes E E', welche ungefähr $660^{Kil.}$ beträgt, addirt iſt; hieraus ergibt ſich im Ganzen durch die Zeichnung: $T'' = 5000^{Kil.}$ Der Durchſchnitt muß alſo $833^{\square mil.}3$ Flächenraum und $32^{mil.}6$ Durchmeſſer haben.

Das Zugband B G erleidet eine Spannung $T'' + T_z = 6840^{Kil.}$; hieraus ergibt ſich ein Durchſchnitt von $1140^{\square mil.}$ und ein Durchmeſſer von $36^{mil.}4$.

Das Zugband H E hat eine Spannung T'' plus der Komponenten der Spannung T des Zugbandes E E' nach ſeiner Richtung, die ungefähr $6330^{Kil.}$ beträgt; dies gibt

$$T' = 5000 + 6330 = 11330^{Kil.},$$

und der Durchſchnitt dieſes Zugbandes muß folglich $1888^{\square mil.}33$ Fläche und $49^{mil.}2$ Durchmeſſer haben.

Das Zugband A H hat die Spannung

$T = T_z + T' = 1840^{Kil.} + 11330^{Kil.} = 13170^{Kil.}$; ſein Durchſchnitt muß alſo $2195^{\square mil.}$ und ſein Durchmeſſer $53^{mil.}$ betragen.

Auf ähnliche Weiſe würde man die einer Spannung von $5^{Kil.}$ pro □ Millim. Durchſchnitt entſprechenden Durchmeſſer erhalten, und vergleicht man dieſe Dimenſionen mit denjenigen des Erbauers, ſo ergibt ſich folgende Tabelle.

Zugbänder	E E'	H C u. C G	E G	B G	H E	A H
Durchmeſſer, berechnet nach einer	mill.	mill.	mill.	mill.	mill.	mill.
Spannung pro □Mill. von $6^{Kil.}$	37,6	19,75	32,6	36,4	49,2	53,0
$5^{Kil.}$	41,3	21,6	35,7	41,7	53,7	58,0
Vom Erbauer angenommene Durchmeſſer	45,0	30,0	40,0	40,0	50,0	50,0

Man ſieht, daß die Durchmeſſer des Erbauers im Allgemeinen um mehr oder um weniger von den einer Laſt von $5^{Kil.}$ pro □ Millim. Durchſchnitt entſprechenden Dimenſionen differiren.

332. Verhältniſſe der Durchſchnitte der Zugbänder zu den Tragweiten. — Man wird die Bemerkung gemacht haben, daß alle nach unſerer Methode beſtimmten Spannungen der Länge der Dachſtuhlſtrebe und folglich der Tragweite des Dachſtuhls bei jeder Art von Dachdeckung proporzional ſind. So iſt die Spannung $T = \frac{PC \cdot C'}{2h}$ bei den Zinkdächern gleich (Tabelle in §. 313)

$$T = \frac{242 \cdot d\, C'^2}{2h} = 121,03\, C' \cdot \frac{C'}{h},$$

ein Ausdruck, bei welchem $\frac{C'}{h}$ gleich $\frac{1}{0,364}$ iſt, weil hier die Neigung des Daches einen Winkel von 20° mit dem Horizont macht; hieraus ergibt ſich definitiv für

$$T = 332,77\, C'.$$

Eben ſo verhält es ſich mit dem Widerſtand, welchen die ein- oder mehrfachen Strebebänder der Biegung der Dachſtuhlſtrebe entgegenſetzen. Hieraus folgt, daß wenn man bei gegebenem Dachſtuhl und Tragweite die Spannungen der Zugbänder beſtimmt hat, die Spannungen und folglich die Flächenräume der Querſchnitte der Zugbänder durch eine einfache Proporzion zwiſchen den Flächen und den Tragweiten beſtimmt werden können; die Durchmeſſer der Eiſenpieeen ſind alsdann durch die Quadratwurzeln dieſer Flächen oder der Tragweiten gegeben. Sobald alſo ein Dachſtuhl nach einem bekannten Syſtem dergeſtalt proporzionirt iſt wie es die Theorie und Erfahrung ſankzionirt haben, ſo hat man bei allen Dächern derſelben Art mit den nämlichen Neigungen die Durchmeſſer der Zugbänder, indem man ſie mit den Quadratwurzeln der Tragweiten in ein Verhältniß bringt.

333. Bemerkung über die Zuſammenſetzung von Dachſtühlen mit großer Tragweite. — Die Komplikazion, welche durch die Zwiſchenſtrebebänder D H und F G (Fig. 73) entſteht, iſt jetzt, und wie ich glaube mit Recht, Schuld, daß ſie weggelaſſen werden und daß der Abſtand der Dachbinder vermindert wird, wodurch ſich deren Anzahl vermehrt und die Laſt ſich verringert. Durch die Verminderung der Dimenſionen der Streben, Zugbänder und

Digitized by Google

Dachſtuhlpfetten entſteht eine Gewichtsausgleichung, wodurch ſowohl eine Erſparung als auch eine einfachere Konſtrukzion erzielt werden kann. Ueberdies iſt ein einziges Strebeband, das die Dachſtuhlſtrebe in der Mitte ſtützt, hinreichend, daß dieſe aus zwei T förmigen Eiſenſtangen gemacht werden kann, deren Verbindung auf dieſem Strebeband ruht. Solcher Eiſenſtangen, die nicht allzu dick ſind, gibt es von 7 bis 9 Meter Länge.

Eiſerne Dachſtühle für Zinkdächer.

334. Anwendung auf Zinkdächer. — Die Bemerkung in §. 332 macht es uns möglich, alle Elemente bezüglich der Konſtrukzion eiſerner Dachſtühle von allen Tragweiten in einer leicht zu handhabenden Tabelle zu vereinigen.

Betrachten wir zuerſt einen Dachſtuhl von 2 Meter Tragweite, nehmen wir ferner an, der Raum zwiſchen den Dachbindern, den wir oben mit e bezeichnet haben, ſei nur 1 Meter, und berechnen wir die Längen und Belaſtungen dieſes Dachſtuhls, der uns als Typus dienen ſoll, ſo können wir alsdann durch eine einfache Multiplikazion die Dimenſionen aller Theile jedes Dachſtuhls ableiten. Indeſſen wollen wir uns darauf beſchränken, dieſen Muſterdachſtuhl für ein Zinkdach und für eine Dachneigung von $a = 20°$ zu unterſuchen. Das auf jede Dachſtuhlſtrebe gleichmäßig vertheilte Gewicht iſt alsdann $pC = 69^{Kil.}16\ C'$, oder einfach $69^{Kil.}16$, wenn nämlich $C' = 1$ iſt und wenn der Koefficient $242^{Kil.}06$, der in §. 305 gegeben, für einen Abſtand der Dachbinder von $3^{m}50$ in dem Verhältniß von 3,50 zu 1 reducirt wird. Wenden wir auf dieſen Muſterdachſtuhl die Berechnungen an, von welchen wir ſchon für einzelne beſondere Fälle Beiſpiele gegeben haben, ſo erhalten wir die in der folgenden Tabelle aufgeführten Zahlen. Dieſe Berechnungen wurden für jedes der beiden Dachſtuhlſyſteme mit einem oder mit drei Strebebändern unter verſchiedenen Verhältniſſen angeſtellt. Bei jedem dieſer Syſteme, wo a' der durch das untere Zugband mit der Dachſtuhlſtrebe gebildete Winkel iſt, hat man der Reihe nach angenommen, a' ſei gleich 20°, gleich 15° und gleich 10°. Im erſten Falle iſt angenommen, das Zugband bilde in der Höhe der Stützen einen Spannriegel; bei den zwei anderen liegt es mehr oder weniger über dieſer Stelle. Aus dieſen verſchiedenen Elementen ergeben ſich alſo 6 verſchiedene Kombinazionen, drei für die Dachſtühle mit einem und drei für die mit drei Strebebändern. Dieſe Anordnungen ſind in Fig. 87, 88, 89, 76, 77, 78 dargeſtellt, und wir wollen ſie in der Folge mit 1, 2, 3, 4, 5, 6 bezeichnen.

Dachbinder mit nur einem Strebeband; Deckung mit Zink; Neigung $a = 20°$.

Bezeichnung der Piecen	Längen, entſprechend den Winkeln			Belaſtungen oder Spannungen, entſprechend den Winkeln		
	$a' = 20°$	$a' = 15°$	$a' = 10°$	$a' = 20°$	$a' = 15°$	$a' = 10°$
	m.	m.	m.	Kil.	Kil.	Kil.
Dachſtuhlſtrebe . . AB	1,0642	1,0642	1,0642	69,16	69,16	69,16
Strebeband . . . . CE	0,1932	0,1426	0,094	32,50	42,375	55,07
Halbes Zugband, einen Spannriegel bildend B'E	0,434	0,451	0,468	95,00	109,41	127,97
Oberes Zugband . BE	0,566	0,551	0,5404	47,52	81,86	158,97
Unteres „ . AE	0,566	0,551	0,5404	142,52	188,45	282,67

Digitized by Google

Dachbinder mit drei Strebebändern; Zinkdeckung; Neigung a = 20°.

Bezeichnung der Piecen	Längen, entsprechend den Winkeln			Belastungen oder Spannungen, entsprechend den Winkeln		
	a' = 20°	a' = 15°	a' = 10°	a' = 20°	a' = 15°	a' = 10°
	m.	m.	m.	Kil.	Kil.	Kil.
Dachstuhlstrebe . . . A B	1,0642	1,0642	1,0642	69,16	69,16	69,16
1 mittl. Strebeband C E	0,1932	0,1426	0,094	32,50	42,375	55,07
2 Strebebänder D H, F G	0,0916	0,0713	0,047	16,25	16,25	16,25
Halbes Zugband, einen Spannriegel bildend B' E	0,434	0,451	0,468	95,00	109,41	127,97
Zugband . . . . . B G	0,283	0,275	0,2702	71,28	113,23	205,33
„ . . . . . G E	0,283	0,275	0,2702	47,52	81,86	158,57
„ . . . . . H E	0,283	0,275	0,2702	142,52	188,45	282,67
Unteres Zugband . A H	0,283	0,275	0,2702	166,26	219,82	329,43
Zugband . . . . . C G	0,283	0,275	0,2702	23,76	31,37	46,76
„ . . . . . C H	0,283	0,275	0,2702	23,76	31,37	46,76

Bei anderen Dachstühlen von derselben Neigung wachsen diese Längen in dem nämlichen Verhältniß wie die Tragweite 2 C', so daß man nur diese Dimensionen mit der halben Tragweite C' zu multipliciren braucht, um augenblicklich die entsprechenden Längen zu finden.

Was die auf die Piecen ausgeübten Kräfte betrifft, so wachsen oder nehmen sie ab wie die Belastung der Dachstuhlstrebe, d. h. proporzional dem Abstand e der Dachbinder und ihrer halben Tragweite C'. Folglich hat man bloß die für den Musterdachstuhl für jeden einzelnen Fall berechneten Kräfte mit C' e zu multipliciren, um aus dem Abstand e = 1 Meter und der Tragweite 2 C' = 2 Meter jeden beliebigen Abstand und jede Tragweite herzuleiten.

335. Dimensionen der einer Zugkraft unterworfenen Piecen. — Wir wissen, daß der Querdurchschnitt jeder Piece, die einer Zugkraft unterworfen ist, durch das Verhältniß $\frac{T}{R}$ ausgedrückt wird, wo T die Spannung in Kilogr. und der Koefficient R bei dem Eisen gleich 6000000 oder 8000000 Kil. ist. Dieser Durchschnitt ist also, wie die Zugkraft selbst, dem Produkt C' e proporzional. Hat man ein für alle Mal das Volumen des Eisens, welches bei jedem System des Musterdachstuhls anzuwenden ist, berechnet, um aus diesen Masseverhältnissen diejenigen der Theile eines jeden Dachbinders von der Tragweite 2 C', der von den neben ihm stehenden Dachbindern um e entfernt ist, abzuleiten, so muß man die gefundenen Zahlen mit C' e multipliciren, um die Flächenräume der Durchschnitte, und mit C'² e, um für jede andere Entfernung und Tragweite die erforderlichen Gewichte und Massenverhältnisse zu finden.

Als Beispiel wollen wir die Berechnung für die Zugbänder des Muster-Dachstuhls Nr. 1 anführen. Hier ist a = a' = 20°, C' = 1^m, e = 1^m, h = 0^m364.

Bezeichnung der Piecen	Länge der Piecen, L	Zugkraft T	Entsprechender Querschnitt A	Volumen der Piecen
Halbes Zugband, einen Spannriegel bildend . . . B' E	m. 0,434	Kil. 95,00	Quadratmeter 0,000015841	Kubikmeter 0,000006875
Oberes Zugband . . . B E	0,566	47,50	0,000007920	0,000004483
Unteres „ . . . A E	0,566	142,52	0,000023760	0,000013431
			Summe . . .	0,000024789
			Gewicht dieser Summe . .	0^Kil.1891

Digitized by Google

Dieſes Gewicht muß man in jedem einzelnen Falle mit $C'^2 e$ multipliciren, um ſogleich das Totalgewicht der Zugbänder des halben Dachbinders zu finden. Nimmt man R zu 8000000 Kil. an, ſo erhält man eine kleinere Zahl.

Bei einer ähnlichen Berechnung der anderen Theile erhält man folgende Zahlen.

Tabelle der Gewichte der Zugbänder von Dachſtühlen, die mit Zink gedeckt ſind; Neigung $a = 20°$.

Modell des Dachbinders		Werthe des Winkels a'	Gewicht der Zugbänder des ganzen Dachbinders
			Kil.
Nr. 1	mit einem Strebeband	20°	0,3782
Nr. 2		15°	0,5000
Nr. 3		10°	0,7756
Nr. 4	mit drei Strebebändern	20°	0,4918
Nr. 5		15°	0,6498
Nr. 6		10°	0,9071

Bei jeder praktiſchen Anwendung werden dieſe Zahlen mit $C'^2 e$ multiplicirt.

Man ſieht, daß bei dem allzu großen Steigen des Spannriegels, was die Dachſtuhlſtreben in keiner Weiſe erleichtert, das Gewicht der Zugbänder um ein Merkliches erhöht wird. Bei $a' = 10°$ beläuft ſich dieſes Gewicht ungefähr auf das Doppelte wie bei $a' = 20°$. Nur mit Vorbehalt alſo und mit Beachtung dieſes Umſtandes darf man in manchen Fällen die Oekonomie der Eleganz hintanſetzen, welche für einen eiſernen Dachſtuhl aus ſtark ſteigenden Spannriegeln erwächſt. Was die Gewichtsvermehrung bei den drei Strebebändern betrifft, ſo iſt ſie ziemlich unbedeutend; überdies dürfen bei drei Strebebändern die Streben ſelbſt leichter ſein, da hierdurch zwei neue Feſthaltungspunkte in deren Länge entſtehen.

336. Dimenſionen der Dachſtuhlſtreben. — Aus den Tabellen von §. 334 ergibt ſich auch die Länge der Dachſtuhlſtreben ſo wie das Maß der Belaſtungen, denen ſie in jedem einzelnen Falle zu widerſtehen haben. Da dieſe beiden Elemente bekannt ſind, ſo weiß man, daß die Dimenſionen der Art beſtimmt werden müſſen, daß die folgenden Gleichungen beſtehen, wenn man ſich der Bezeichnungen aus §. 62 und 165 bedient.

Dachbinder mit einem Strebeband, welches in der Mitte der Strebe einen Feſthaltungspunkt bildet.

- rechteckige Eiſenpieeen $\frac{a b^2}{3} = \frac{1}{16} \frac{p C C'}{R}$
- Eiſenpieeen von doppelter T Form $\frac{a b^3 - 2 a' b'^3}{6 b} = \frac{1}{16} \frac{p C C'}{R}$;

Dachbinder mit drei Strebebändern, die in der Länge der Strebe drei gleich weit voneinander abſtehende Feſthaltungspunkte bilden.

- rechteckige Eiſenpieeen $\frac{a b^2}{3} = \frac{1}{64} \frac{p C C'}{R}$
- Eiſenpieeen von doppelter T Form $\frac{a b^3 - 2 a' b'^3}{6 b} = \frac{1}{64} \frac{p C C'}{R}$.

In dieſen Formeln muß man für pC den Werth $69^{\text{Kil.}}16\ C'^2 e$ ſubſtituiren, in dem der Koefficient $69^{\text{Kil.}}16$, wie wir wiſſen, die einem normalen Dachbinder, deſſen bekannte Theile in den Tabellen von §. 334 enthalten ſind, entſprechende Belaſtung iſt. Subſtituirt man alſo dieſen Werth und ſetzt für R ſeinen Werth $R = 6000000^{\text{Kil.}}$, ſo findet man

1) bei einem Strebeband: rechteckige Eiſenpieeen . . . $\frac{J}{v'}$ oder $\frac{a b^2}{3} = 0{,}00000072\ C'^2 e$,

doppelte T Eiſenpieeen . . . $\frac{J}{v'}$ oder $\frac{a b^3 - 2 a' b'^3}{6 b} = 0{,}00000072\ C'^2 e$;

2) bei drei Strebebändern: rechteckige Eiſenpieeen . . $\frac{J}{v'}$ oder $\frac{a b^2}{3} = 0{,}00000018\ C'^2 e$,

doppelte T Eiſenpieeen . . . $\frac{J}{v'}$ oder $\frac{a b^3 - 2 a' b'^3}{6 b} = 0{,}00000018\ C'^2 e$

Der zweite Ausdruck jeder dieſer Gleichungen kann mittelſt der Werthe von C' und e ſofort berechnet werden; indeſſen ſind hier einige Details wohl an ihrem Platze, ſowohl um die rechteckigen mit den Tförmigen Eiſenpieeen hinſichtlich der Koſten zu vergleichen, als auch um den Antheil der Dachſtuhlſtreben an der Totalmaſſe des für die Konſtrukzion eiſerner Dachſtühle zu verwendenden Eiſens zu beſtimmen. Um alle prakti-

Digitized by Google

schen Fälle zusammenzufassen, wollen wir in den folgenden Tabellen die Resultate der Berechnung vereinigen, indem wir verschiedene Werthe von e annehmen, nämlich $e = 1^m$, $= 2^m$, $= 3^m$, $= 4^m$, und C', d. h. die halbe Tragweite des Dachstuhls, von $C' = 4^m$ an, was einer Tragweite von 8^m entspricht, bis zu $C' = 15^m$, was einer Tragweite von 30^m entspricht, durchgehen. Was die doppelten T Eisenpiecen betrifft, so hat man nach einer Berechnung des Werthes $\frac{J}{v'}$ für jeden einzelnen Fall diesen Werth mit den in der Tabelle von §. 245 gegebenen verglichen, so daß man das anzuwendende Modell sowohl unter den Proben der Hütte de la Providence, wie unter denen der Hütte von Montataire bezeichnen konnte. Mit P und M sind die Produkte dieser beiden Hütten unterschieden. Nachdem man dergestalt das richtige Modell ermittelt hatte, ist die Breite a der Rippe bestimmt worden, bei welcher die Größe $\frac{J}{v'}$ ihren erforderlichen Werth erreicht; das Gewicht der Piece ist alsdann nach den Angaben der Verzeichnisse beider Hütten berechnet worden. Was die rektangulären Eisen betrifft, so ist man dadurch einfacher zum Ziel gelangt, daß man zwischen der Dicke und der Breite der Piece ein konstantes Verhältniß, $a = \frac{1}{4} b$, annahm.

Tabelle der eisernen Dachstuhlstreben bei Zinkdächern; Neigung des Daches $a' = 20°$.

Abstand der Dachbinder, e	Tragweite der Dachbinder 2C'	Werth von $C'^2 e$	Dachbinder mit 1 Strebeband							Dachbinder mit 3 Strebebändern						
				Doppelte T Eisen			Rechteckige Eisen				Doppelte T Eisen			Rechteckige Eisen		
			Werth von 0,00000072 $C'^2 e$	Bezeichnung des Probestücks	Werth von a	Gewicht pro laufenden Meter	Breite a	Höhe b	Gewicht pro laufenden Meter	Werth von 0,00000072 $C'^2 e$	Bezeichnung des Probestücks	Werth von a	Gewicht pro laufenden Meter	Breite a	Höhe b	Gewicht pro laufenden Meter
1m	m.	m.			m.	k.	m.	m.	k.			m.	k.	m.		k.
	8	16	0,00001152	„	„		0,0111	0,0554	4,79	0,00000288	„	„	„	0,0070	0,0351	1,92
	10	25	0,00001800	„	„		0,0130	0,0647	6,56	0,00000450	„	„	„	0,0082	0,0408	2,61
	12	36	0,00002592	„	„		0,0116	0,0730	8,32	0,00000648	„	„	„	0,0092	0,0460	3,30
	15	56,25	0,00001048	M_1	0,0493	9,33	0,0170	0,0817	11,23	0,00001012	„	„	„	0,0107	0,0534	4,46
	„	„	„	P_2	0,0451	11,88	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„
	20	100	0,00007200	M_3	0,0522	15,22	0,0205	0,1026	16,45	0,00001800	„	„	„	0,0130	0,0647	6,56
	„	„	„	P_3	0,0519	18,90	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„
	25	156,25	0,00011250	P_4	0,0551	20,00	0,0238	0,1191	22,11	0,00002812	P_1	„	9	0,0150	0,0750	8,77
	30	225	0,00016200	M_6	0,0665	21,33	0,0269	0,1315	28,22	0,00004050	M_1	0,0489	9,04	0,0169	0,0847	11,16
	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	P_1	0,0451	11,88	„	„	„
2m	8	32	0,00002304	„	„	„	0,0140	0,0702	7,63	0,00000576	„	„	„	0,0089	0,0413	3,07
	10	50	0,00003600	M_4	„	8,00	0,0163	0,0815	10,37	0,00000900	„	„	„	0,0102	0,0513	4,18
	12	72	0,00005181	M_2	0,0476	12,22	0,0181	0,0920	13,20	0,00001296	„	„	„	0,0116	0,0580	5,25
	„	„	„	P_2	0,0498	15,01	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„
	15	112,50	0,00008096	M_3	0,0538	16,84	0,0214	0,1067	17,82	0,00002025	„	„	„	0,0135	0,0673	7,08
	„	„	„	P_4	0,0481	16,00	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„
	20	200	0,00011100	M_5	0,0646	26,08	0,0263	0,1323	27,35	0,00003600	M_4	„	8	0,0163	0,0815	10,37
	„	„	„	P_4	0,0609	28,11	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„
	25	312,50	0,00022500	M_7	0,0714	31,75	0,0300	0,1500	35,10	0,00005625	M_2	0,0495	13,85	0,0191	0,0953	11,20
	„	„	„	P_7	0,0693	36,60	„	„	„	„	P_3	0,0471	14,10	„	„	„
	30	450	0,00032400	P_8	0,0691	15,40	0,0349	0,1691	16,12	0,00008100	M_3	0,0538	16,84	0,0214	0,1068	17,83
	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	P_4	0,0484	15,80	„	„	„
3m	8	48	0,00003456	M_4	„	8,00	0,0161	0,0804	10,10	0,00000864	„	„	„	0,0101	0,0506	3,99
	10	75	0,00005100	M_6	0,0485	13,00	0,0187	0,0933	13,61	0,00001350	„	„	„	0,0118	0,0588	5,41
	12	108	0,00007776	M_5	0,0530	16,03	0,0210	0,1052	17,23	0,00001944	„	„	„	0,0135	0,0661	6,98
	„	„	„	P_1	0,0482	15,38	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„
	15	168,75	0,00012111	M_7	0,0604	20,53	0,0246	0,1222	25,15	0,00003037	P_1	0,0441	11,12	0,0154	0,0770	9,24
	„	„	„	P_3	0,0567	22,43	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„
	20	300	0,00021600	M_4	0,0702	32,79	0,0296	0,1480	34,17	0,00005100	M_2	0,0485	12,99	0,0187	0,0993	13,61
	„	„	„	P_7	0,0682	34,40	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„
	25	468,75	0,00033750	P_3	0,0704	18,65	0,0344	0,1717	46,06	0,00008637	P_4	0,0501	19,20	0,0218	0,1090	18,58
	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„
	30	675	0,00018600	„	„	„	0,0385	0,1939	71,65	0,00012150	M_6	0,0604	20,53	0,0211	0,1222	23,15
	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	P_5	0,0567	22,13	„	„	„

Digitized by Google

Abstand der Dachbinder, e	Tragweite der Dachbinder 2 C	Werth von $C^2 e$	Dachbinder mit 1 Strebeband							Dachbinder mit 3 Strebebändern						
				Doppelte T Eisen			Rechteckige Eisen				Doppelte T Eisen			Rechteckige Eisen		
			Werth von 0,00000072 $C^2 e$	Bezeichnung des Probestücks	Werth von a	Gewicht pro laufenden Meter	Breite a	Höhe b	Gewicht pro laufenden Meter	Werth von 0,00000072 $C^2 e$	Bezeichnung des Probestücks	Werth von a	Gewicht pro laufenden Meter	Breite a	Höhe b	Gewicht pro laufenden Meter
4m	m.	m.			m.	k.	m.	m.	k.			m.	k.	m.		k.
	8	64	0,00004608	M_2	0,0452	10,17	0,0197	0,0885	13,57	0,00001152	„	„	„	0,0111	0,0554	4,79
	„	„	„	P_2	0,0474	14,40	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„
	10	100	0,00007200	M_3	0,0512	14,21	0,0206	0,1026	16,48	0,00001800	„	„	„	0,0130	0,0647	6,56
	„	„	„	P_3	0,0519	17,90	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„
	12	144	0 00010368	P_4	„	25,00	0,0232	0,1159	26,88	0,00002592	M_4	„	8	0,0146	0,0730	8,32
	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„
	15	225	0,00016200	M_5	0,0665	24,33	0,0269	0,1315	28,22	0,00004048	M_1	0 4392	9,04	0,0170	0,0847	11,23
	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	P_2	0 0451	11,88	„	„	„
	20	400	0,00028800	P_3	„	40,00	0,0326	0,1629	41,41	0,00007200	M_3	0,0512	14,82	0,0205	0,1026	16,45
	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	P_3	0,0519	18,90	„	„	„
	25	625	0,00045000	„	„	„	0,0378	0,1890	71,44	0,00011250	P_4	0,0551	20,15	0,0238	0,1191	22,11
	30	900	0,00064800	„	„	„	0,0427	0,2135	91,16	0,00016200	M_5	0,0665	26,75	0,0269	0,1345	28,22

Aus den Zahlen dieser Tabelle geht hervor, daß die beiden Hütten nicht für alle angegebenen Dachbinder die erforderlichen doppelten ⊤ Eisen liefern. Es fehlen einerseits kleinere Proben für die Dachbinder mit geringer Tragweite und Abstand, besonders da, wo man drei Strebebänder anwendet; anderseits sind die dicksten ⊤ Eisen von la Providence für eine Tragweite von 30m und einen Abstand von 3m oder 4m unzureichend, so wie auch für einen Dachbinder von 25m, sobald sich der Abstand zwischen den Dachbindern auf 2m beläuft. Bei den Dimensionen der rechteckigen Eisenpieeen ist vorausgesetzt, daß die Dicke $^1/_5$ der Höhe beträgt. Jedes andere Verhältniß würde in den Berechnungen eine entsprechende Modifikazion erheischen.

Vergleichen wir die in der Tabelle für die rechteckigen Eisen und die doppelten ⊤ Eisen von La Providence und Montataire gegebenen respektiven Gewichte, die beziehungsweise den verschiedenen Dachbindern zukommen, so sehen wir, daß sich zu Gunsten der Eisen von Montataire stets ein bedeutender Vortheil vor den rechteckigen Eisen und etwas vor denen von La Providence herausstellt. **Diese Unterschiede sind zuweilen beträchtlich und rühren daher, daß die Körper der doppelten ⊤ Eisen dünner als die der entsprechenden rechteckigen sind, während sie zugleich eine größere Höhe haben. Bei den meisten Eisen von La Providence ist dieser Umstand weniger auffallend, und daher kommt es denn auch, daß** als Dachstuhlstreben angewandte rechteckige Eisen zuweilen etwas weniger wiegen als die entsprechenden doppelten ⊤ Eisen von La Providence. In den Fig. 79 bis 84 geben wir die vergleichende Darstellung der Durchschnitte dieser verschiedenen Eisen:

1. für einen Dachbinder mit nur einem Strebeband, der 10m Tragweite hat und 4m von dem nächsten Dachbinder entfernt ist (Fig. 79, 80 und 81);

2. für den Dachbinder mit drei Strebebändern, der 30m Tragweite und nur 1m Abstand hat (Fig. 82, 83 und 84). Diese Figuren erklären die so eben berührten Unterschiede, zeigen aber zugleich, daß die doppelten ⊤ Eisenpieeen immer viel höher sind als die entsprechenden rechteckigen, bei welchen das Verhältniß zwischen Dicke und Höhe $^1/_5$ ist. Diese größere Höhe, bei der Konstrukzion von Decken zuweilen ein Vortheil, ist bei Dachstühlen nur ein Uebelstand, weßhalb man auch bei dieser Konstrukzionsart die Eisenpieeen solcher Art oft verwirft. Die seitlichen Rippen aber sind in anderer Hinsicht vortheilhaft; denn sie machen es möglich, daß die Gespärre den queren horizontal einwirkenden Kräften besser widerstehen, und tragen somit zur Erhöhung der Dauerhaftigkeit bei. Auch lassen sich diese Rippen bei Verbindungen sehr häufig benutzen, indem man ihnen entweder ihre ursprüngliche Form läßt, oder sie je nach Bedürfniß umschmiedet.

Eine Vergleichung der Systeme mit einem oder

Digitized by Google

mit drei Strebebändern zeigt offenbar, daß dieses letztere System in Bezug auf das Gewicht der Dachstuhlstreben eine bedeutende Oekonomie zuläßt; übrigens erhellt dieser Umstand noch deutlicher aus der folgenden Tabelle, worin die Gewichte der Dachstuhlstreben verzeichnet sind. Bei dieser Tabelle haben wir uns auf das Probestück beschränkt, welches unter denen der vorigen Tabelle die günstigsten Resultate ergeben hat. Sie läßt sich leicht nach Bedürfniß ergänzen, wenn man die in der vorigen Tabelle für die anderen Probestücke rechteckiger oder doppelter ⊤ Eisen berechneten Werthe zu Hilfe nimmt.

Gewichte der eisernen Dachstuhlstreben für verschiedene Tragweiten und Abstände der Dachbinder.

Abstand der Dachbinder e	Tragweite der Dachbinder 2 C	Länge der Dachstuhlstreben	Ein Strebeband		Drei Strebebänder	
			Bezeichnung der Probestreben	Gewicht der beiden Streben	Bezeichnung der Probestreben	Gewicht der beiden Streben
	m.	m.		Kil.		Kil.
	8	4,2568	rechteckig	40,58	rechteckig	16,35
	10	5,3210	"	69,82	id.	27,78
	12	6,3852	"	106,26	id.	42,14
	15	7,9815	M_1	148,94	id.	71,20
	20	10,6420	M_3	323.96	id.	139,62
	25	13,3025	P_5	536,12	id.	233,32
	30	15,9630	M_6	776,76	M_1	288,62
2m	8	4,2568	rechteckig	64,96	rechteckig	26,14
	10	5,3210	M_1	85,14	id.	44,48
	12	6,3852	M_2	156,06	id.	67,04
	15	7,9815	M_3	255,42	id.	113,02
	20	10,6420	M_5	555,08	M_1	170,28
	25	13,3025	M_7	924,56	M_2	368,50
	30	15,9630	P_8	1472,42	M_3	537,64
3m	8	4,2568	M_1	68,10	rechteckig	33,97
	10	5,3210	M_2	138,36	id.	57,57
	12	6,3852	P_4	196,40	id.	99,27
	15	7,9815	M_5	327,76	id.	147,50
	20	10,6420	M_7	697,72	M_2	276,48
	25	13,3025	P_8	1225,42	rechteckig	593,00
	30	15,9630	rechteckig	2383,28	M_5	655,46
4m	8	4,2568	M_2	86,60	rechteckig	40,78
	10	5,3210	M_3	151,24	id.	69,81
	12	6,3852	P_5	319,26	M_1	102,16
	15	7,9815	M_6	388,38	M_1	144,34
	20	10,6420	P_8	881,37	M_3	315,44
	25	13,3025	rechteckig	1900,66	P_5	536,12
	30	15,9630	id.	2910,38	M_6	854,02

Man sieht aus dieser Tabelle, daß bei drei Strebebändern das Gewicht der Dachstuhlstreben um zwei Drittel oder doch wenigstens um die Hälfte des bei einem Strebeband erforderlichen Gewichts reducirt wird; wir werden sogleich sehen, daß diese Oekonomie sehr wichtig ist, wenn man die Gewichtsvergrößerung durch

Digitized by Google

die seitlichen Strebebänder und die Zugbänder ins Auge faßt.

337. Dimensionen der Strebebänder. — Die Strebebänder können aus Schmied- oder Gußeisen bestehen. Immer sind es lange Pieçen, bei welchen die queren Dimensionen im Verhältniß zur Länge sehr gering sind. Ueberschreitet das Verhältniß zwischen diesen Dimensionen gewisse Grenzen, so weiß man, daß die Belastung pro Quadratmillim. vermindert werden muß, da sich sonst die Pieçen biegen würden. Das Schmiedeisen schützt vor diesem Uebelstand, indem alsdann jedes Strebeband aus zwei flachen Eisen bestehen kann, die in kurzen Zwischenräumen durch Querbänder verbunden werden, welche Querbänder verbolzte Riegel bilden; dies wären somit wirkliche Bänder, deren Verbindung mit den Streben und Zugbändern sehr leicht zu bewerkstelligen wäre. Durch diese Konstrukzionsmethode werden die äußeren Dimensionen des Querschnitts des Strebebandes bei einem und demselben Gewicht hinlänglich vergrößert, um das Eisen permanent mit 6Ku. pro Quadratmillim. belasten zu können, und rechnen wir nur 4Ku., so sind wir sicher ein hinreichendes Widerstandsvermögen zu erhalten. Um aber dem Auge keine anscheinend disproporzionirten Dimensionen zu bieten, verdoppeln wir die so berechneten Flächenräume und folglich die entsprechenden Gewichte. Adoptiren wir, nachdem die Längen der Strebebänder und ihre Tragfähigkeit in der Tabelle des §. 332 bestimmt ist, dem Obigen gemäß diejenigen Querdimensionen, welche eine Belastung von 4Kil. pro Quadratmillim. erlauben, so können wir ihre Dimensionen und ihr Gewicht berechnen und folgende Tabelle aufstellen, in welcher man nur die Längen mit C', die Belastungen und Durchschnitte mit C'e und die Volumen und Gewichte mit C''e zu multiplicieren braucht, um aus den Musterdachstühlen jeden andern beliebigen ableiten zu können. In der Tabelle sind die verdoppelten Zahlen enthalten.

Tabelle der Dimensionen der eisernen Strebebänder; Zinkdach; Dachneigung $a = 20^0$.

Bezeichnung der Pieçen	Werth des Winkels a'	Länge der Pieçen	Belastungen	Querschnitte	Volumen	Gewichte der Strebebänder und Riegel
		m.	Kil.	□Met.	Kubikmet.	Kil.
Hauptstrebeband	$a' = 20^0$	0,1932	32,50	0,0000081	0,00000157	0,0245
Seitliches Strebeband	id.	0,0916	16,25	0,0000041	0,00000048	0,0061
Hauptstrebeband	$a' = 15^0$	0,1426	42,38	0,0000106	0,00000152	0,0237
Seitliches Strebeband	id.	0,0713	16,26	0,0000041	0,00000029	0,0046
Hauptstrebeband	$a' = 10^0$	0,0936	55,07	0,0000133	0,00000125	0,0195
Seitliches Strebeband . . .	id.	0,0468	16,25	0,0000041	0,00000019	0,0030

Die Hauptstrebebänder bleiben die nämlichen, mag man nun das System mit nur einem Strebeband, wo man alsdann nur das aus der obigen Tabelle abgeleitete Gewicht zu verdoppeln braucht, um das Totalgewicht der Strebebänder eines Dachbinders zu erhalten, oder das System mit drei Strebebändern anwenden. Im letzten Fall muß man zum doppelten Gewicht des Hauptstrebebandes das Vierfache von dem Gewicht eines der seitlichen Strebebänder hinzufügen, um das Gewicht aller Strebebänder des Dachbinders zu erhalten. Wenden wir dies auf den Musterdachstuhl, und stellen wir diese Berechnungen an, so erhalten wir folgende Tabelle.

Tabelle des Gewichts der eisernen Strebebänder bei einem Dachbinder von 2m Tragweite und 1m Abstand.

Bezeichnung des Systems	Werth des Winkels a'	Totalgewicht der eisernen Strebebänder
		Kil.
Modell Nr. 1 mit 1 Strebeb	$a' = 20^0$	0,0490
„ „ 2 „ „ „	$a' = 15^0$	0,0474
„ „ 3 „ „ „	$a' = 10^0$	0,0390
Modell Nr 4 mit 3 Strebeb.	$a' = 20^0$	0,0734
„ „ 5 „ „ „	$a' = 15^0$	0,0658
„ „ 6 „ „ „	$a' = 10^0$	0,0510

Digitized by Google

Bei der praktischen Anwendung auf andere Dachbinder müssen diese Zahlen mit $C^4 e$ multiplicirt werden. Die Unterschiede, welche sich aus ihnen ergeben, sind klein genug, um bei der Konstrukzion eiserner Dachstühle nur einen sehr unbedeutenden Einfluß auszuüben. Immer ist die Strebe die wichtigste Piece. Fürchtet man nicht, daß der Verbindungen allzu viel werden, so ist das System mit drei Strebebändern und einem Spannriegel in der Höhe der Stützpunkte jedem andern vorzuziehen.

338. Resultate und Folgerungen. — Wir können übrigens jetzt die drei Elemente der Frage zusammenstellen und für alle von uns geprüften Fälle, die ziemlich alle diejenigen der Praxis umfassen, die berechneten Totalgewichte angeben. Zuerst wollen wir aber nur sämmtliche Elemente der Berechnung in einigen besonderen Fällen zusammenstellen.

Gewichte der Eisenpiecen, aus denen ein Dachbinder des Modells Nr. 1 (Fig. 87) besteht, für verschiedene Tragweiten und Abstände.

Abstand der Dachbinder, e	Totaltragweite des Dachbinders 2 C'	Werth des Koefficienten, $C^4 e$	Gewicht der Zugbänder	Gewicht der Streben	Gewicht der Strebebänder	Totalgewicht
	m.		Kil.	Kil.	Kil.	Kil.
1m	8	16	6,05	40,58	0,80	47,43
	10	25	9,45	62,82	1,23	80,50
	12	36	13,62	106,26	1,77	111,65
	15	56,25	21,27	148,94	2,76	175,97
	20	100	37,82	323,96	4,90	366,68
	25	156,25	59,10	536,12	7,66	602,88
	30	225	85,10	776,76	11,03	872,79
4m	8	64	24,21	86,60	3,14	113,95
	10	100	37,82	151,24	4,90	193,96
	12	144	54,46	319,26	7,06	380,78
	15	225	85,10	388,38	11,03	484,51
	20	400	144,28	881,38	19,60	1045,25
	25	625	236,30	1900,66	30,63	2167,67
	30	900	336,38	2910,38	44,10	3290,86

Diese Zahlen genügen, um das Uebergewicht der Dachstuhlstreben über alle anderen Piecen zu beweisen. Da die Zusammenstellung solcher Tabellen für die anderen Fälle keiner Schwierigkeit unterliegt, so wollen wir nur die Resultate, welche man erhalten würde, in der folgenden Tabelle vereinigen, damit man auf den ersten Blick die Vorzüge dieses oder jenes Systems in Bezug auf Oekonomie ersehen kann.

Gewichte der Eisenpiecen, aus denen ein mit Zink gedeckter Dachstuhl besteht, für verschiedene Tragweiten und Abstände.

Abstand der Dachbinder	Totaltragweite des Dachbinders 2 C'	Totalgewicht eines Dachbinders					
		Mit 1 Strebeband			Mit 3 Strebebändern		
		Modell Nr. 1	Modell Nr. 2	Modell Nr. 3	Modell Nr. 1	Modell Nr. 2	Modell Nr. 3
	m.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.
1m	8	45,73	47,34	62,38	25,40	27,80	31,68
	10	80,50	83,51	90,19	41,92	45,67	51,73
	12	121,65	125,97	135,59	62,49	67,90	76,63
	15	175,97	179,74	194,76	102,44	111,45	125,09
	20	366,68	378,70	407,42	196,14	211,18	235,43
	25	602,88	621,76	663,40	321,66	345,13	383,02
	30	872,79	899,93	960,05	469,89	449,63	504,19

Digitized by Google

Abſtand der Dachbinder	Totaltragweite des Dachbinders 2 C	Totalgewicht eines Dachbinders					
		Mit 1 Strebeband			Mit 3 Strebebändern		
		Modell Nr. 1	Modell Nr. 2	Modell Nr. 3	Modell Nr. 1	Modell Nr. 2	Modell Nr. 3
	m.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.
2m	8	78,66	82,48	91,04	44,24	49,04	56,20
	10	106,50	112,52	125,88	72,66	80,26	92,39
	12	186,84	195,48	214,72	107,75	118,56	136,02
	15	303,48	317,01	347,16	178,50	193,53	220,81
	20	640,52	565,28	718,72	284,22	313,40	362,90
	25	1058,08	1095,83	1179,12	544,19	592,12	667,91
	30	1664,68	1718,76	1839,00	900,18	859,66	968,99
3m	8	88,65	94,38	107,22	61,12	68,32	79,96
	10	170,40	179,43	199,47	99,98	111,24	129,43
	12	242,57	255,53	284,40	160,33	176,55	208,75
	15	399,85	420,15	465,21	241,22	268,26	309,18
	20	826,08	861,94	942,10	446,04	491,16	563,91
	25	1425,70	1482,33	1607,25	858,03	928,44	1042,11
	30	2671,67	2752,79	2933,15	1199,26	1138,49	1302,18
4m	8	113,95	121,64	138,76	76,98	86,58	102,01
	10	193,96	206,00	232,72	126,35	141,37	165,62
	12	380,78	398,10	436,59	183,58	205,20	240,13
	15	484,51	511,56	571,65	269,30	305,35	369,92
	20	1045,25	1100,33	1207,21	541,52	601,68	698,68
	25	2167,67	2243,20	2409,77	889,50	983,37	1104,93
	30	3290,36	3403,06	3643,54	1579,09	1498,06	1720,31

Vergleicht man beziehungsweiſe die Totalgewichte für die Modelle 1, 2 und 3 mit den entſprechenden Zahlen für die Modelle 4, 5 und 6, ſo ſtellt ſich zu Gunſten der letzteren offenbar ein beträchtlicher Unterſchied heraus, der oft die Hälfte des Totalgewichts beträgt. Für Dachſtühle mit großer Tragweite iſt alſo das Syſtem mit drei Strebebändern nicht genug zu empfehlen, da es in dem Gewicht der Materialien eine ſo bedeutende Oekonomie darbietet. Es verlangt allerdings einige Verbindungen mehr; aber die dadurch entſtehenden größeren Koſten ſind im Vergleich zu der angegebenen Oekonomie ſehr gering.

Prüft man die Zahlen einer horizontalen Reihe, ſo ſieht man deutlich die Gewichtsunterſchiede bei den einzelnen Syſtemen. Man wird bemerken, daß die Gewichtsvermehrung, welche durch die höhere Stellung des Spannriegels entſteht, hier viel unbedeutender erſcheint als damals wo wir ſie bloß den Zugbändern gegenüber betrachtet haben, was darin liegt, daß die Dachſtuhlſtrebe dieſelbe bleibt, in welcher Höhe man auch den Spannriegel anbringt. Dieſe Vermehrung des Gewichts wird übrigens durch keine Oekonomie ausgeglichen, denn die Verbindungen bleiben die nämlichen, und kaum wird das Gewicht der Strebebänder modificirt.

Eine andere wichtige Bemerkung drängt ſich uns bei der Prüfung der Zahlen einer ſenkrechten Reihe auf, wenn man nur diejenigen Zahlen zuſammen betrachtet, die einer und derſelben Tragweite entſprechen. Wir ſehen, daß bei einem Abſtand der Dachbinder von einem Meter das Gewicht derſelben viel geringer iſt als das entſprechende Gewicht bei einem Abſtand von 2,3 oder 4 Meter. Es muß indeſſen bemerkt werden, daß, wenn der zu deckende Raum L Meter Länge hat, die Anzahl der Dachbinder $n = \frac{L}{e} + 1$ betragen wird, wo $\frac{L}{e}$ nothwendig eine ganze Zahl ſein muß.

Bei $e = 1^m$ findet man $n_1 = L + 1$;

bei $e = 4^m$ findet man $n_4 = \frac{L}{4} + 1$;

folglich $$\frac{n_1}{n_4} = \frac{L+1}{\frac{L}{4}+1} = \frac{4L+4}{L+4} = 4 - \frac{12}{L+4}.$$

Hieraus geht deutlich hervor, daß die erforderliche Anzahl der Dachbinder, außer wenn nur ſehr geringe

Digitized by Google

Längen zu decken sind, ihrem Abstand beinahe umgekehrt proporzional ist. Damit nun die Kosten gleich seien, müßte der erforderliche Dachbinder für $e = 1^m$ nur ein Viertel von dem wiegen, was ein Dachbinder von der nämlichen Tragweite bei einem Abstand von $e = 4^m$ wiegt. Die Tabelle zeigt uns, daß dieses nicht der Fall ist und daß es folglich in dieser Hinsicht vortheilhaft zu sein schiene, den Abstand zwischen den Dachbindern zu vergrößern. Andere Betrachtungen aber widersetzen sich dieser Schlußfolgerung. Vergrößert man den Abstand der Dachbinder, so wird eben dadurch auch die Tragweite der Pfetten, des Firstes und aller Längentheile größer, und man muß diesen folglich größere Dimensionen geben. Wir müssen noch einen Augenblick bei dieser Frage verweilen, die durch den Umstand noch komplicirter wird, daß eine größere Anzahl von Dachbindern auch eine größere Anzahl von Verbindungen erheischt und folglich die Kosten größer werden.

339. Dimensionen der Längenpiecen. — Um den Winden und den Kräften, die in der Richtung der Länge auf das Dach ausgeübt werden können, den nöthigen Widerstand entgegenzusetzen, müssen die einzelnen Dachbinder dergestalt verbunden werden, daß sie in dieser Richtung die erforderliche Festigkeit darbieten; es ist dies der Zweck der Firststuhlwand, welche bei allen Dachwerken aus der Firstpfette besteht, die mit den Hängesäulen oder Hängestangen durch Strebebänder fest verbunden ist.

Der Widerstand wird noch dadurch vergrößert, daß man für die Schwelle in Bezug auf die Pfosten eine ähnliche Dispositiou trifft, wenn das Dach einfach auf Stützen der Art ruht; anders ist es aber in der Regel bei Dächern von großer Tragweite, mit denen wir uns hier speciell beschäftigen.

Die Dachstuhlstreben tragen stets eine oder mehrere Reihen von Pfetten, auf welchen das Lattenwerk ruht, und die mit jeder Strebe fest verbunden werden müssen, damit diese neuen Piecen zur Festigkeit aller Dachbinder unter sich kräftig mitwirken können. Die Pfetten, der First und die Schwellen sind zwar vollkommen hinreichend, um die Dachbinder in ihrer Stellung zueinander festzuhalten; aber die Firststuhlwand ist eben so nothwendig, um den in der Richtung der Länge wirkenden Kräften, die alle Dachbinder auf ein Mal gleich stark und in derselben Richtung niederdrücken können, Widerstand zu leisten.

Obgleich die Dispositzion der Längenpiecen *je nach* den verschiedenen praktischen Fällen eine *verschiedene sein* kann, so wollen wir doch annehmen, daß sie ungefähr 2^m voneinander abstehen, und zwar nach den Dimensionen, welche Kaulek bei der Konstrukzion des eisernen Daches des Magazins der Hütte von La Providence auf dem Quai Jemmappes in Paris angenommen hat (Vergl. S. 184). Dieser Abstand ist übrigens auch derjenige, der für die im Handel vorkommenden Schalbretter am besten paßt.

Bei dem Musterdachbinder von 20° Neigung beträgt bekanntermaßen die Länge der Strebe 1^m0642. Bei jedem anderen Dachbinder von der Tragweite $2\,C'$ würde diese Länge $1^m0642\,C'$ betragen, und sie würde für den ganzen Dachbinder zwei Schwellen, eine Firstpfette und eine durch die Formel $2\left(\frac{1,0642\,C'}{2} - 1\right)$ gegebene Anzahl Pfetten nothwendig machen, da die Anzahl der für jede Fläche des Daches erforderlichen Pfetten $\frac{1,0642\,C'}{2} - 1$ beträgt.

Die Summe aller Längenpiecen muß also

$$3 + 2\left(\frac{1,0642\,C'}{2} - 1\right) = 1 + 1,0642\,C'$$

sein; ein Ausdruck, der aus dem Grunde, weil er eine ungerade ganze Zahl ergeben muß, dadurch zu modificiren ist, daß man den letzten Ausdruck vergrößert, so daß durch die unmittelbar höhere gerade Zahl die Größe $1,0642\,C'$ ersetzt wird. Diese Regel ergibt folgende Zahlen.

Totaltragweite $2\,C'$	Anzahl der langen Piecen
m.	
8	7
10	7
12	9
15	9
20	13
25	15
30	17

Bei den Dächern von 8 und 12^m Tragweite mußten wir zwischen den Pfetten einen bedeutend geringeren Abstand annehmen als 2^m; aber man thut alsdann besser die Piecen leichter zu machen als seine Zuflucht zu einem größeren Abstand zu nehmen, da überdies die gewöhnlichen Dimensionen der käuflichen Bretter hierzu nicht passen.

In allen andern Fällen können wir annehmen, daß jede Pfette gleichmäßig auf ihre Länge vertheilt das Gewicht eines Dachstreifens von 2^m Breite trägt,

Digitized by Google

alſo 128$^{Kil.}$ pro Längenmeter bei einem Zinkdach von 20° Neigung (nach §. 305).

Um die Dimenſionen der Pfetten zu berechnen kann man alſo die folgenden Formeln aus §. 305 anwenden:

rechteckige Eiſen $\frac{J}{v'}$ od. $\frac{ab^2}{3} = {}^1/_4 \frac{128\,e^2}{6000000} = 0{,}00000533\,e^2$;

doppelte ⊤ Eiſen $\frac{J}{v'}$ oder $\frac{ab^3 - 2a'b'^3}{6\,b} = {}^1/_4 \frac{128\,e^2}{6000000}$

$= 0{,}00000533\,e^2$;

e oder der Abſtand der Dachbinder iſt hier die Länge der einer Biegungskraft unterworfenen Piece. Dieſe Formeln ſind indeſſen nur auf den Fall anwendbar, wo die Verbindung der Pfette mit der Strebe als ein Einlaſſungspunkt betrachtet werden kann, was bei der Verbindung eiſerner Piecen keine Schwierigkeit darbietet.

Stellt man für e nach und nach verſchiedene Werthe auf, ſo laſſen ſich wie oben die Zahlen folgender Tabelle berechnen.

Abſtand der Dachbinder e	Werth von $\frac{J}{v'}$	Doppelte ⊤ Eiſen			Rechteckige Eiſen		
		Bezeichnung des Probeſtucks	Werth von a	Gewicht pro lauf. Met.	Breite a	Höhe b	Gewicht pro lauf. Met.
			m.	Kil.	m.	m.	Kil.
1	0,00000533	"	"	"	0,0086	0,0431	2,90
2	0,00002132	M_1	"	8,00	0,0137	0,0684	7,31
3	0,00004797	M_2	0,0460	10,85	0,0179	0,0896	12,51
4	0,00008528	P_4	0,0490	18,80	0,0218	0,1089	18,52

Wir werden in dem Folgenden die Gewichte pro laufenden Meter von 2$^{Kil.}$90, 7$^{Kil.}$31, 10$^{Kil.}$85 und 18$^{Kil.}$52 als beziehungsweiſe den Abſtänden von 1, 2, 3 und 4^m entſprechend annehmen. Kennen wir ſomit das Gewicht einer Pfette pro laufenden Meter, ſo brauchen wir nur dies Gewicht mit der Anzahl der Längenpiecen und mit der Länge des zu deckenden Raumes zu multipliciren, um ſogleich das Totalgewicht dieſer Piecen zu finden.

340. Welchen Einfluß dieſe Bemerkung auf die obigen Reſultate hat. — Wollen wir dieſe Reſultate praktiſch anwenden, um zu beſtimmen, ob in einem gegebenenen Fall ein großer oder kleiner Abſtand zwiſchen den Dachbindern zu wählen iſt, ſo müſſen wir uns auf die Tabelle von § 338 beziehen. Handelt es ſich z. B. um eine Tragweite von 30^{m}0, die 17 Querpiecen erfordert, ſo muß man zum Gewicht eines Dachbinders Nr. 1 mit einem Abſtand von 4^m, welches beträgt . . . . . 3290$^{Kil.}$36.
das Gewicht von 17 Piecen von 4^m und von 18$^{Kil.}$52 Schwere (vorige Tabelle) pro laufenden Meter hinzufügen, oder
$17 \times 4 \times 18^{Kil.}52 =$ 1259 36;
Totalgewicht eines Geſpärres von 4^m bei einem Abſtand zwiſchen den Dachbindern von 4^m 4549 72;

Rechnet man eben ſo wie bei einem Abſtand von 1^m, ſo hat man:
Gewicht eines Dachbinders Nr. 1 bei 2 C' = 30^m, e = 1^m . . . . 872$^{Kil.}$79,
Gewicht von 17 Längenpiecen von 1^m und 2$^{Kil.}$90 Schwere pro Meter (vor. Tabelle) oder $17 \times 1 \times 2^{Kil.}90$. 49 30
Totalgewicht eines Gebindes von 1^m 922$^{Kil.}$09.

Für 4^m Dachlänge hat man alſo $4 \times 922^{Kil.}09$ oder 3688$^{Kil.}$36, was in dieſem Falle eine Erſparung von 861$^{Kil.}$36 pro vier Meter zu Gunſten des kleineren Abſtandes ergeben würde.

Im Allgemeinen erhält man daſſelbe Reſultat für verſchiedene Tragweiten, da das Gewicht der Längenpiecen bei großen Abſtänden einen überwiegenden Einfluß ausübt, während dies Gewicht bei 1^m Abſtand relativ ſehr gering iſt.

Es iſt Sache des Erbauers, dieſe Berechnungen der Koſten zugleich mit der Eleganz und der Leichtigkeit dieſer oder jener Dispoſizion zu berückſichtigen.

341. Gußeiſerne Strebebänder. — Wir haben geſehen, daß das Gewicht der Strebebänder in der Frage, welche uns beſchäftigt, im Allgemeinen nur eine ſehr untergeordnete Wichtigkeit hat. Dieſe Folgerungen bleiben dieſelben, ob man dieſe nun aus Schmied- oder Gußeiſen macht, welches letztere einer Kompreſſion

Digitized by Google

eben so gut widersteht. Freilich paßt das Gußeisen nicht so gut wie das Schmiedeisen zur Vertheilung der Materie in dem Querschnitt der Piece, so daß in beiden Richtungen die äußeren Dimensionen dieses Durchschnitts, die im Vergleich mit der Länge immer sehr gering sind, gleicherweise vergrößert werden. Will man die Strebebänder von Gußeisen machen, so muß man sie als massive gußeiserne Säulen betrachten und ihren Querdurchschnitt nach der Formel von §. 101 bestimmen:

$$P^{Kil.} = 1780\,\frac{d^{2,6}}{l^{1,7}},$$

woraus $$d^{2,6} = P^{Kil.}\,\frac{l^{1,7}}{1780};$$

eine Formel, in welcher man d^2 direkt durch Logarithmen berechnen oder durch die graphische Darstellung von §. 104 finden kann.

In der Praxis erhalten die Piecen in der Mitte eine Bauchung, damit sie sich nicht biegen, und im Allgemeinen gibt man ihrem Querschnitt die Gestalt eines Kreuzes mit gleichen Armen, die durch Rippen verstärkt sind. Trotzdem, daß hierdurch die Uebelstände, welche aus der Anwendung des Gußeisens zu Strebebändern entspringen, verringert werden, so widersteht doch das Schmiedeisen zufälligen Stößen oder jeder queren Einwirkung einer Kraft bei weitem besser; überdies wird die Verbindung mit der Strebe selbst dadurch immer bequem hergestellt, daß man die unteren Rippen des doppelt Tförmigen Querschnitts an der Verbindungsstelle durch Schmieden niederdrückt und dergestalt eine flache Unterlage bildet, auf welcher sich die beiden inneren Backen des verbundenen Strebebandes leicht befestigen lassen.

Vierter Theil. Torsion.

Theoretische Notizen.

342. **Widerstand der festen Körper gegen die Drehung.** — Wenn eine die Bewegung fortpflanzende Welle zwei Räder trägt, wovon das eine die Wirkung der Triebkraft empfängt, und das andere den sich entgegenstellenden Widerstand überwinden muß, so erleiden alle Molekülen dieser Welle von diesen entgegengesetzten Kräften eine Winkelverdrehung, die man mit dem Namen Torsion bezeichnet. Diese Wirkung macht sich oft bei dem bloßen Anblick in dem Augenblick bemerkbar, in welchem große Motoren in Gang gesetzt werden, welche große Massen zu ziehen und in Bewegung zu bringen haben, und wird dann um so wahrnehmbarer, wenn man, indem sie sich von einer Welle zur andern fortpflanzt und sich von einer Welle zur andern etwas vermehrt, öfters bemerkt, daß der erste Motor, z. B. ein Wasserrad, in bestem Gange ist, während die letzten Organe erst anfangen sich in Bewegung zu setzen.

Es ist leicht begreiflich, daß die durch die Torsion erzeugten Verdrehungen einerseits mit der Entfernung zur Achse der Fibern oder der Molekülen, die man in Betrachtung zieht, und anderseits mit der Länge der Wellen oder Piecen wachsen, die zwischen der zur Umdrehungsachse senkrechten Ebenen liegt, welche die Kräfte enthalten, die die Umdrehung bewirken und dagen Widerstand leisten.

In jedem senkrecht zur Umdrehungsachse stehenden Querschnitt erzeugt sich durch die Torsion, die er erleidet, im Verhältniß zu der vorhergehenden eine Verrückung der Molekülen durch Umdrehung um eine Achse, welche bei den Maschinen in Folge der Symmetrie der angewendeten Profile immer die der allgemeinen Bewegung ist; es ist also natürlich anzunehmen, und so zu sagen evident anzunehmen, daß die absoluten Verdrehungen der Molekülen jedes Querschnittes proporzional zu ihren Abständen von der Achse, und daß ihre Winkelverdrehungen konstant sind, oder mit andern Worten, daß alle Molekülen, die vor der Torsion in einer Linie oder in einem durch die Achse gehenden Halbmesser lagen, sich nach der Torsion wieder in demselben Halbmesser befinden.

Wenn auf der andern Seite der feste Körper cylindrisch oder prismatisch ist, so erleiden die verschiedenen Querschnitte desselben, die zwischen den zur Achse parallelen Ebenen enthalten sind, welche die Widerstände oder die Triebkräfte enthalten, dieselbe Winkelverdrehung, weil sie in diesem Fall alle gleich sind; man sieht also, daß die Verrückungen, welche die Molekularfäden oder Fibern erleiden, die zuvor in einer geraden zur Achse parallelen Linie lagen, sich den übrigen noch hinzugesellen, so daß die totale oder relative Verrückung zweier an den beiden entgegengesetzten Enden des der Torsion ausgesetzten Theils des Körpers liegenden Molekülen proporzional zu der Länge dieses

Digitized by Google

Theils oder zu der Entfernung ist, welche diese Enden trennt.

Da demnach die Verrückungen oder die von den Molekülen ein und derselben Fiber beschriebenen Bogen proporzional zu ihren Entfernungen vom Ende des Körpers sind, so sieht man, daß sich die Fibern in Spirallinien biegen, deren Gang für alle Fibern derselbe ist, welches auch ihr Abstand von der Achse sein mag, für die aber die Neigung der Tangente mit diesem Abstande größer wird.

Da bei dieser Bewegung sich der Körper nicht verkürzt, so bleiben die verschiedenen Querschnitte beziehungsweise in derselben Entfernung, und es ist nun augenscheinlich, daß die Fibern, welche sich nach Spirallinien gewunden, sich nach der ganzen Länge der developpirten Spirallinie über die ursprüngliche Länge der Fibern verlängert haben. Es besteht also, wie man sieht, ein direktes Verhältniß zwischen dem Widerstand der Molekülen oder der Fibern zur Torsion und ihrem Widerstand zur Verlängerung.

Nach diesen allgemeinen Betrachtungen werden wir die Folgerungen daraus durch die einfachen Formeln ausdrücken, durch welche wir in den Stand gesetzt werden, die Folgerungen mit den Resultaten der Beobachtung zu vergleichen.

343. Widerstandsfähigkeit homogener Körper gegen die Torsion. Gleichgewicht der äußern und innern Kräfte. — Wenn man zwei unendlich nahe aneinander liegende Querschnitte JKik (Fig. 85) und besonders eine der Elementarfibern betrachtet, aus denen der Abschnitt J k i k besteht und die parallel mit der Achse A B sind, um welche die durch die Torsion erzeugte Umdrehung stattfindet, so sieht man zuvörderst, wenn der Durchschnitt J K als fest angenommen wird, daß das Ende n der Fiber m n sich im Winkel um die Größe oder den Bogen $R' a_1$ verrückt, wenn man R' ihre Entfernung von der Achse und a_1 den mit der Einheit der Entfernung beschriebenen Bogen nennt; und nimmt man das Verhältniß dieser Verrückung zu der Länge C c der Fiber, so hat man für die auf die Einheit der Entfernung oder auf die Einheit der Länge des Körpers bezogene Verrückung das Verhältniß $\frac{R' a_1}{C c}$.

Nennen wir also l die Entfernung C c der beiden Abschnitte, A den Flächeninhalt des Durchschnittes der Fiber m n, so wird die Kraft, welche fähig ist die Verschiebung durch Rotazion zu erzeugen, für diese Fiber sein:

$$T = G A . \frac{R' a_1}{l}.$$

Nennt man G den Widerstand gegen die Seitenverschiebung durch die Einheit der Oberfläche und die Länge des Körpers, und ist die Entfernung l dieselbe für alle Fibern des Durchschnittes, so steht die größte Verschiebung und folglich die größte Kraft im Verhältniß zu der von der Achse A B am weitesten entlegenen Fiber, oder zu dem größten Werth von R', den wir R nennen.

Damit nun ein Gleichgewicht zwischen den äußern Kräften, welche den Körper zu drehen streben, und den Molekularwiderständen der Fibern gegen die Torsion stattfinde, muß eine Gleichheit zwischen den Momenten der einen und der andern im Verhältniß zur Achse, um welche dieses Gleichgewicht sich herstellt, vorhanden sein.

Der Moment der Kraft T, die sich auf eine dieser Fibern bezieht, ist

$$T . R' = G A . \frac{R'^2 a_1}{l},$$

wo G, l und der Verdrehungswinkel a_1 dieselben für die ganze Ausdehnung eines Abschnittes sind. Es folgt daraus, daß die Summe aller ähnlichen Momente für den ganzen Abschnitt gleich ist dem Produkt von $G \frac{a_1}{l}$ durch die Summe der $A R'^2$ ähnlichen Produkte, von denen jedes das des Flächenraumes vom Querschnitt der Fiber m n durch das Quadrat seiner Entfernung von der Achse ist. Diese Summe der Produkte $A R'^2$ wurde von Persy „Trägheitsmoment" genannt. Bezeichnet man sie mit J_1, so ist die Summe aller Momente der Molekularwiderstände gegen die Torsion $G J_1 \frac{a_1}{l}$ und muß gleich sein der Summe M der Momente der äußern Kräfte, welche die Torsion zu erzeugen streben, so daß man für die allgemeine Bedingung des Gleichgewichts die Formel

$$G J_1 \frac{a_1}{l} = M$$

haben wird.

Dies ist das allgemeine Verhältniß, welches die Bedingung des Gleichgewichts zwischen den molekulären Widerständen gegen die Verrückung durch Torsion und die äußern Kräfte für jeden Querschnitt des Körpers ausdrückt.

344. Bemerkungen in Betreff der Ty-

Digitized by Google

linder und Prismen. — In diesem Ausdruck ist das Verhältniß $\frac{a_1}{l}$ genau die trigonometrische Tangente des Verdrehungswinkels der an der Entfernungseinheit der Achse liegenden Fibern, und da für die cylindrischen oder prismatischen Körper, deren Achse senkrecht auf die Durchschnittslinie ist, dieser Winkel derselbe bei jedem von ihnen bleibt, so krümmen sich die Kurven während der Drehung nach Schneckenlinien, deren Windung durch dieses Verhältniß bedingt wird, und deren Neigung proporzional zu ihrer Entfernung R' zur Achse ist.

Hieraus leitet man ab:

$$\frac{a_1}{l} = \frac{M}{G J_1} \text{ und } a_1 = \frac{M}{G J_1} l.$$

Folglich hat man bei einem prismatischen oder cylindrischen Körper von einer Länge L, da alle mit der Entfernungseinheit gemessenen Winkelverdrehungen, wie bereits gesagt wurde, hinzutraten, für den ganzen Verdrehungswinkel seines äußersten Abschnitts

$$a = \frac{M}{G J_1} L.$$

Die Torsionswinkel sind folglich:

1. proporzional zur Summe der Momente der äußern Kräfte;

2. proporzional zur Länge der Körper oder zu der Entfernung, welche die äußern Querschnitte trennt.

Diese beiden Folgerungen wurden in Betreff der Winkelverrückungen, welche zwischen den Grenzen liegen, innerhalb derer sich die Elasticität nicht verändert, durch die Herren Duleau und Savart bestätigt.

345. Bemerkungen über den Gebrauch der vorstehenden Formel. — Da der Winkel a hier durch einen Kreisbogen mit einem der Einheit gleichen Halbmesser ausgedrückt wird, während der wirkliche Torsionsbogen, hervorgebracht durch die Fieber, welche am entferntesten von der Achse und in dem Abstand R' liegt, die es wichtig ist kennen zu lernen und zu begrenzen, den Werth R'a hat, so werden wir sogleich bemerken, daß es zweckmäßig ist, die zwei Glieder des obigen Ausdrucks durch R' zu multipliciren, woraus man erhält:

$$R' a = \frac{M}{G J_1} L R'.$$

In den meisten Fällen der Praxis und besonders im Maschinenwesen ist es von Bedeutung, die durch die äußersten Theile der Wellen erlittenen Verrückungswinkel zu begrenzen, und da man gesehen hat, daß sie zur Länge L der Körper proporzional sind, so ist es erforderlich, den in jedem Querschnitt erzeugten Torsionswinkel um so kleiner zu machen als der Körper länger ist, was darauf hinauskommt, daß das Verhältniß $\frac{R' a}{L}$ nach der Natur des angewendeten Materials und der Bestimmung des in Betrachtung gezogenen Apparats einen begrenzten Werth haben muß.

346. Anwendung der vorstehenden Formel auf Cylinder und Prismen. — Um die durch die vorstehende Formel gelieferten Resultate mit den aus den Versuchen der genannten Autoren hervorgegangenen zu vergleichen, muß man darin die Werthe des polaren Trägheitsmomentes J_1 substituiren, die ihren Formen entsprechen.

347. Werthe des polaren Trägheitsmoments der Querschnitte. — Nennt man v und u die Entfernungen des Querschnittes m einer Elementarfiber von zwei senkrecht zueinander stehenden Achsen o x und o y (Fig. 86), die durch den Schwerpunkt o des Querschnittes gehen, so erhält man offenbar

$$a R'^2 = a v^2 + a u^2.$$

Es ist also der polare Trägheitsmoment einer ebenen Fläche gleich der Summe der Trägheitsmomente, die in Bezug auf zwei durch den Schwerpunkt dieses Querschnittes gehende rechtwinklige Achsen genommen sind. Es folgt hieraus, daß für den vollen Kreis, dessen Trägheitsmoment im Verhältniß zu irgend einem Durchmesser $\frac{1}{4} \pi R'^4$ ist, der polare Trägheitsmoment sein wird $J_1 = \frac{1}{2} \pi R'^4 = \frac{1}{2} A R'^2$, und folglich

$$\frac{J_1}{R'} = \frac{1}{2} \pi R'^3 = \frac{1}{2} A R' = 1{,}5708\, R'^3 = 0{,}19637\, d^3.$$

Eben so hat man für einen kreisrunden Kranz

$$J_1 = \frac{1}{2} \pi (R'^4 - R''^4) = \frac{1}{2} A (R'^2 - R''^2),$$

$$\frac{J_1}{R'} = \frac{1}{2} \pi \left(\frac{R'^4 - R''^4}{R'} \right) = \frac{1}{2} A \left(\frac{R'^2 + R''^2}{R'} \right).$$

Die im §. 235 über die größere Widerstandsfähigkeit der hohlen Cylinder gegen die massiven gemachten Bemerkungen lassen sich auch hier anwenden.

Bei einem Prisma von rechtwinkligem Querschnitt hat man, wenn man mit a die Breite und b die Höhe des Rektangels bezeichnet

$$J_1 = \frac{a^3 b^3}{3 (a^2 + b^2)} \text{ und } \frac{J_1}{R'} = \frac{2}{3} \frac{a^3 b^3}{(a^2 + b^2)^{\frac{3}{2}}},$$

vorausgesetzt, daß der größte Werth von $R' = \frac{1}{2} \sqrt{a^2 + b^2}$ ist.

Ist der Querschnitt quadratisch, so hat man a=b, und folglich

$$J_1 = \frac{b^4}{6}, \; R' = \frac{1}{2} b \sqrt{2}, \; \frac{J_1}{R'} = \frac{1}{3} \frac{b^3}{\sqrt{2}} = 0{,}2357\, b^3.$$

Digitized by Google

Erfahrungsresultate und praktische Formeln.

348. Versuche Duleau's über die Torsion. — Um die Versuchsresultate dieses ausgezeichneten Ingenieurs zu prüfen, haben wir in der folgenden Tabelle diejenigen, welche sich auf cylindrische Körper und diejenigen, welche sich auf Prismen beziehen, abgesondert zusammengestellt.

Das angewendete Gewicht zur Erzeugung der Torsion war beständig $10^{Kil.}$, und sein Hebelsarm gleich 0^m32, so daß man hat

$$M = 10^{Kil.} \times 0^m32 = 3{,}20.$$

Die Formel aus §. 344 gibt

$$G = \frac{ML}{aJ_1},$$

worin a den Bogen mit dem Halbmesser ausdrückt, welcher der Einheit gleich ist, womit der Torsionswinkel gemessen wird, während dieser Winkel von Duleau in Graden angegeben wurde. Man muß also diese Zahl von Graden multipliciren durch $\frac{3{,}1416}{180}$, um den Werth von a zu haben, der in die Formel zu setzen ist.

Für cylindrische Körper endlich hat man nach dem vorigen §.

$$J_1 = 1{,}5708\,R^4$$

und für die Prismen von quadratischem Querschnitt

$$J_1 = \tfrac{1}{6}\,b^4 = 0{,}16666\,b^4.$$

Mit Hilfe dieser Annahmen und denen der Beobachtung konnte man die Werthe von G berechnen, welche jedem Versuch entsprechen.

Versuche von Duleau über die Torsion des geschmiedeten Eisens.

Bezeichnung des Eisens	Länge L	Quermessungen	Biegungswinkel in Graden	Biegungswinkel in Bogen a	Werth des Torsionscoefficienten G
		Rundeisen.			
	R' =				
	m.	m.	0	m.	Kilogr.
Eisen von Périgord	2,80	0,00710	13,4	0,2338	9600700000
	3,17	0,00985	6,0	0,1047	6552300000
Englisches Eisen	2,40	0,00990	4,0	0,0698	7292000000
Eisen von Ariège	3,57	0,01075	4,8	0,0838	6500000000
	2,89	0,01075	4,5	0,0785	5616000000
Eisen von Périgord	3,19	0,01105	3,32	0,0579	7528200000
	2,89	0,01150	3,00	0,0524	6424000000
Englisches Eisen	3,24	0,01175	2,34	0,0408	8487200000
	2,94	0,01375	1,82	0,0318	5301900000
Eisen von Périgord	3,35	0,01335	1,87	0,0326	6590700000
	2,92	0,01785	0,625	0,0109	5375700000
Eisen von Ariège	2,77	0,01340	1,650	0,0288	6077200000
				Mittel	6786325000
		Rechtwinkliges Eisen.			
	b =				
Englisches Quadrateisen, im C. kalten Zustande geschmeidig, im heißen rothbrüchig	4,12	0,020	6,5	0,11345	4360600000
	2,52	0,020	4,0	0,06981	4320000000
	2,52	0,02035	3,08	0,05375	5243700000
Quadrateisen von Périgord	3,39	0,03260	0,62	0,01082	5437800000
Englisches Flacheisen	2,91	0,034 auf 0,00856	11,40	0,19897	7020000000
" "	1,55	0,034 0,00856	5,62	0,09809	7500000000
Flaches Eisen von Périgord	2,91	0,034 auf 0,01045	7,20	0,12567	6270000000
Flaches englisches mit B bezeichnetes Eisen	1,45	0,06780 auf 0,01474	0,85	0,01483	4527000000

Digitized by Google

Fig. 28.

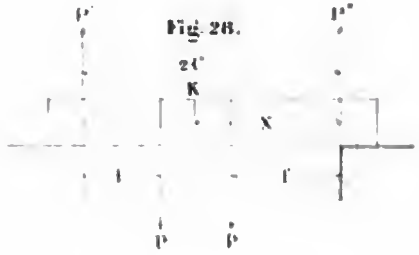


Fig. 29.

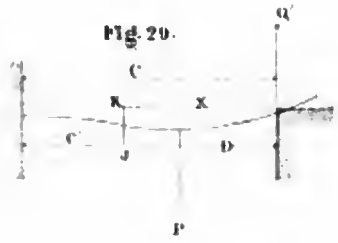


Fig. 30.

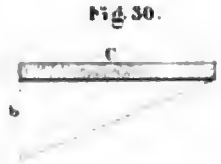


Fig. 31.

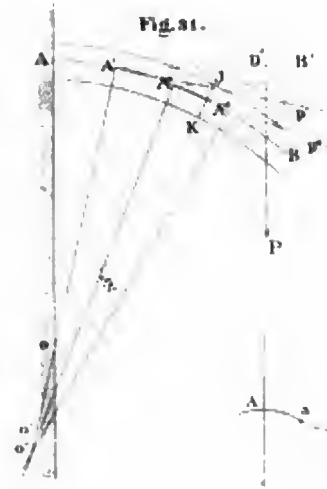


Fig. 32.

Fig. 33.

Fig. 34.

Fig. 35.

Fig. 36.

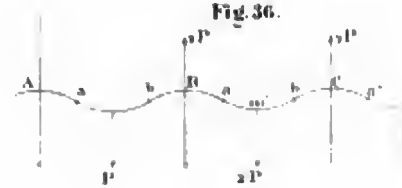


Fig. 37.

Fig. 38.

Fig. 39.

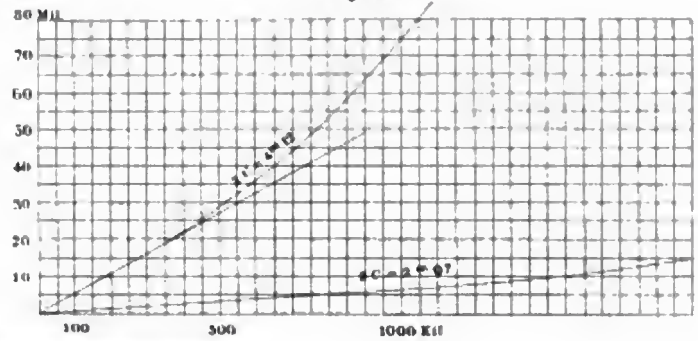


Fig. 40.

Fig. 42.

Fig. 45.

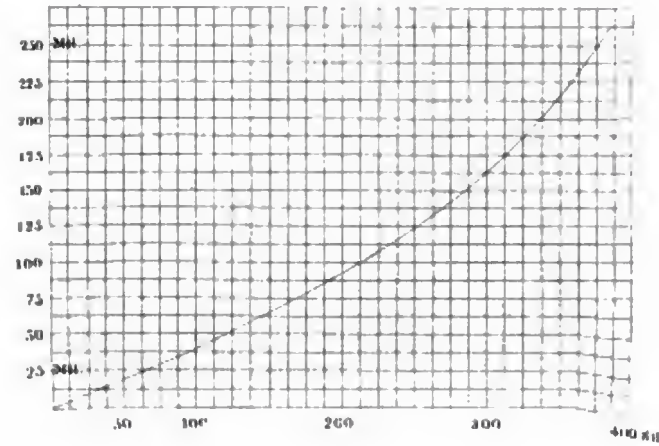


Fig. 41.

Fig. 43.

Fig. 44.

Digitized by Google

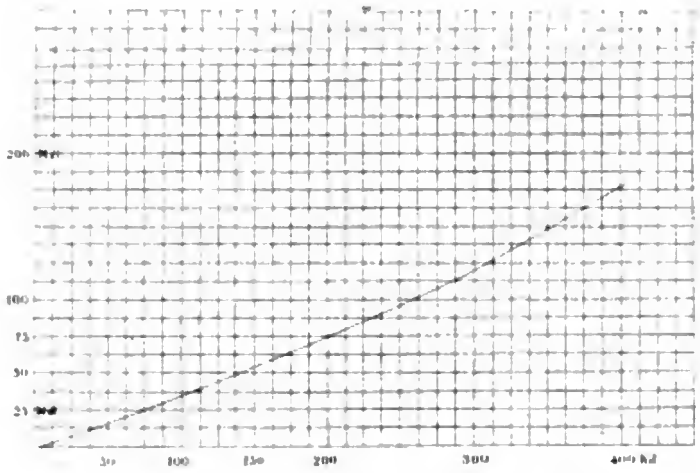


Fig. 47

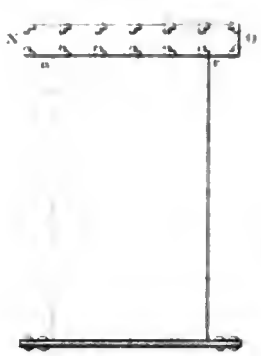


Fig. 48

Fig. 49.

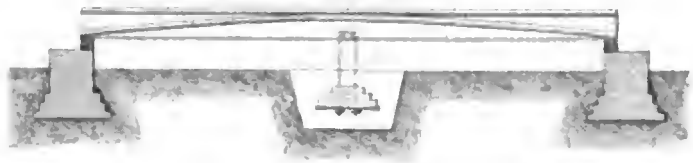


Fig. 50.

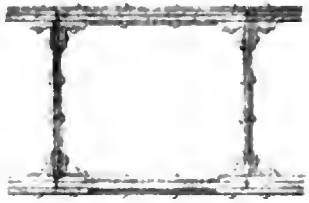


Fig. 51.

Fig. 52.

Fig. 53.

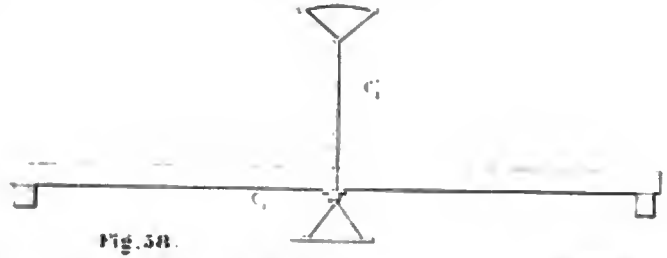


Fig. 54.

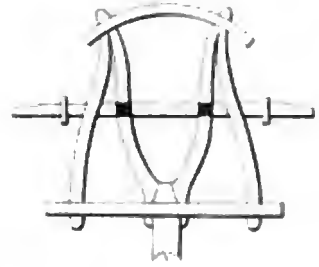


Fig. 55.

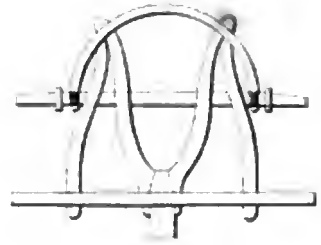


Fig. 56.

Fig. 58.

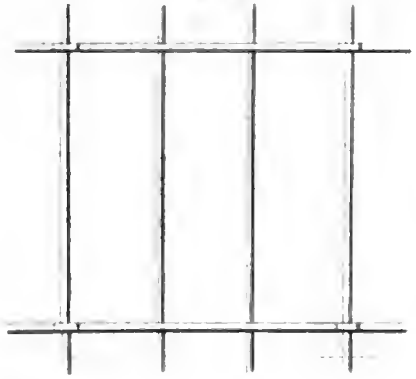


Fig. 59

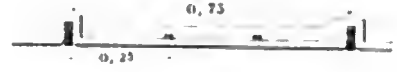


Fig. 61

Fig. 60.

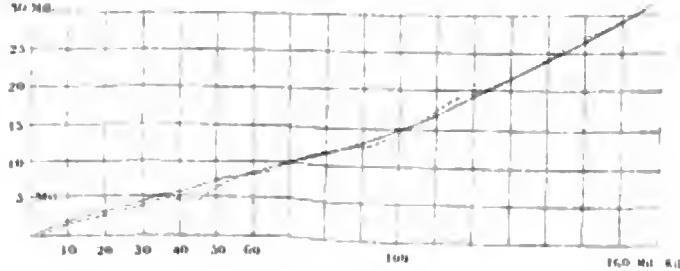


Fig. 57.

Allgemeine Bauzeitung 1854

Digitized by Google

Fig. 62.

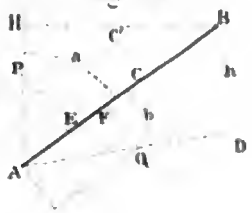


Fig. 63.

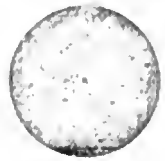


Fig. 64.

Fig. 65.

Fig. 66.

Fig. 67.

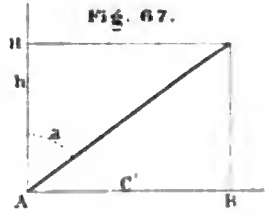


Fig. 68.

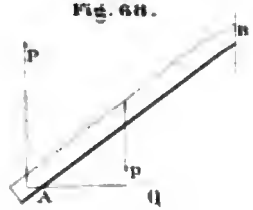


Fig. 69.

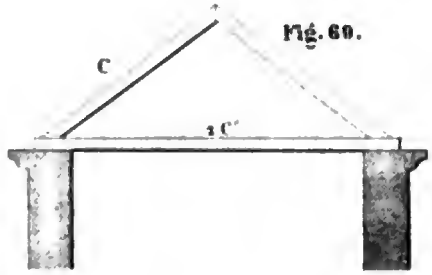


Fig. 70.

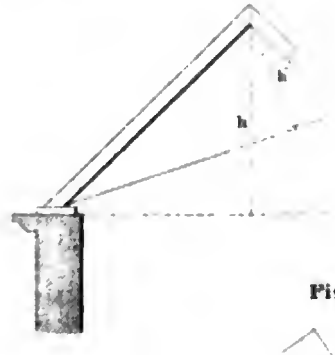


Fig. 71.

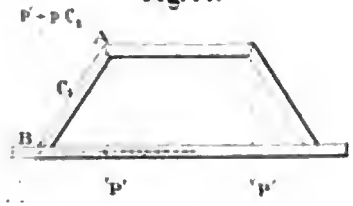


Fig. 72.

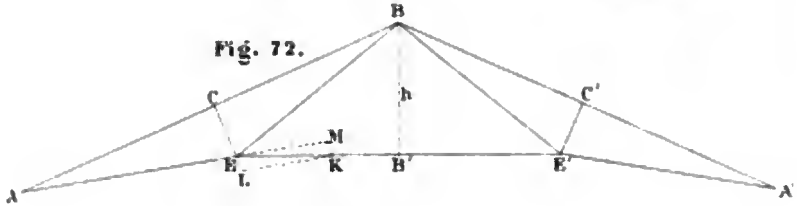


Fig. 73.

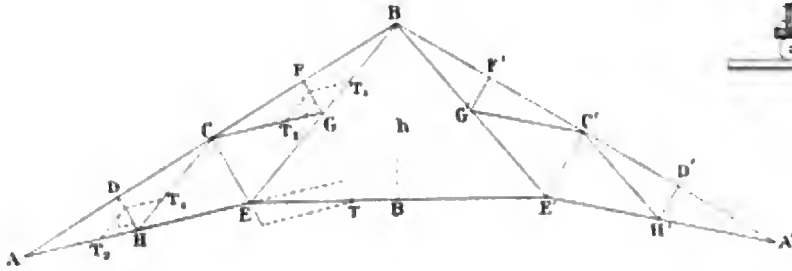


Fig. 74.

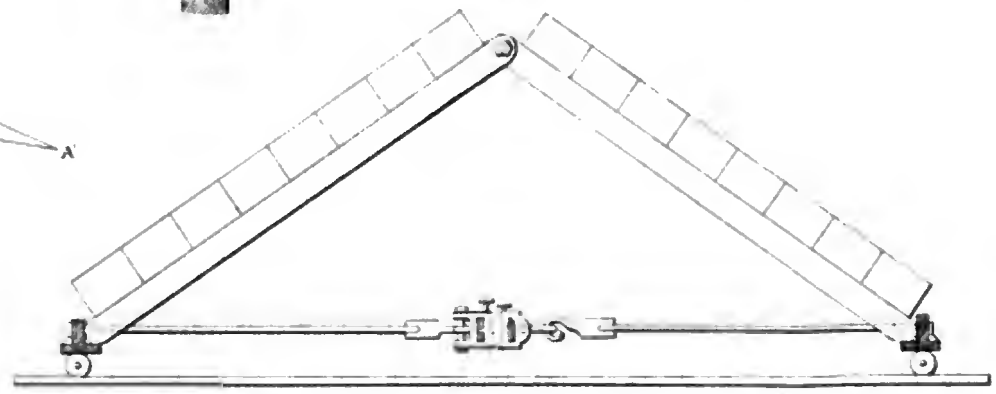
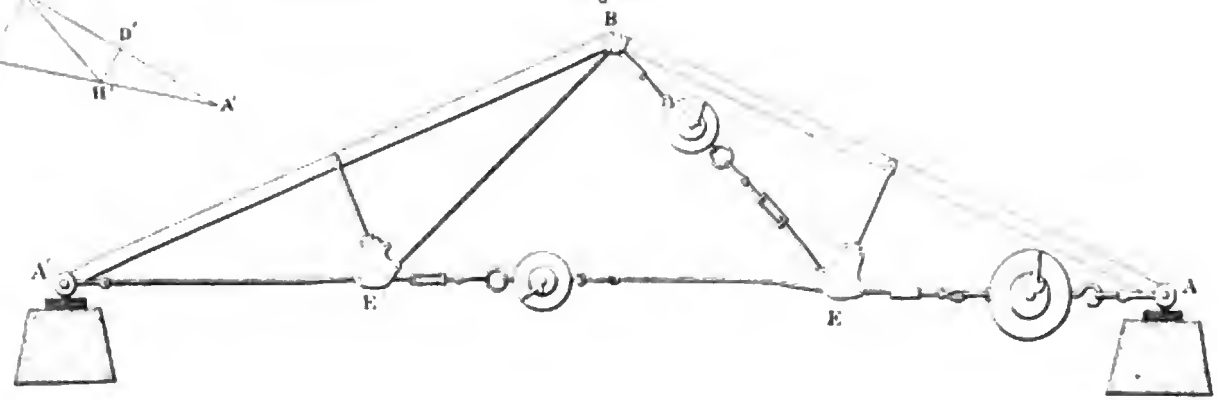


Fig. 75.



Allgemeine Bauzeitung 1854.

Digitized by Google

Fig. 76.

Fig. 78.

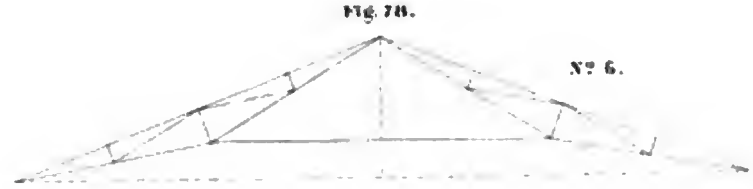


Fig. 77.

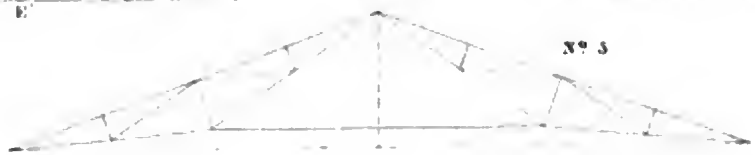


Fig. 79.

Fig. 80.

Fig. 81.

Fig. 82.

Fig. 83.

Fig. 84.

Fig. 85.

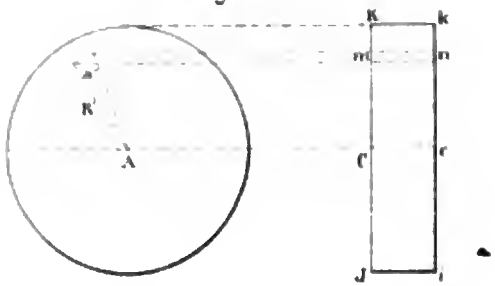


Fig. 87.

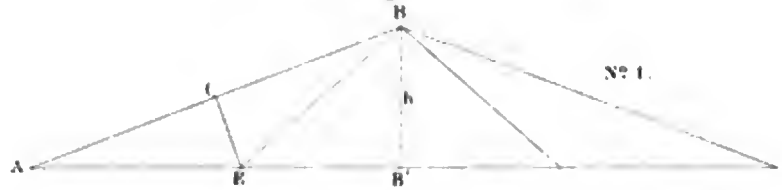


Fig. 88.

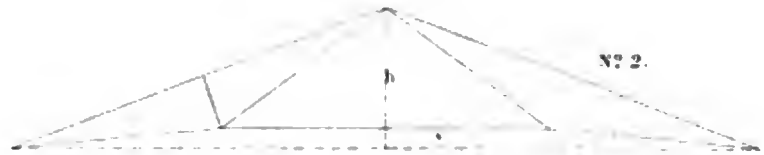


Fig. 86.

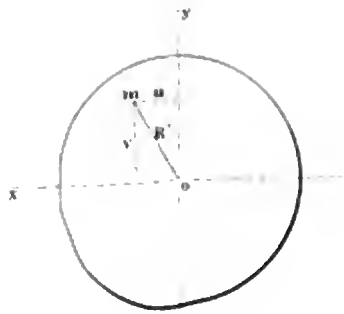
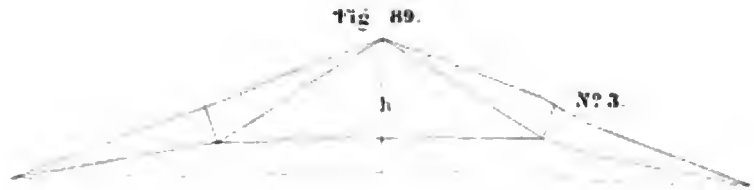


Fig. 89.



Allgemeine Bauzeitung 1854

Digitized by Google

Die Reſultate dieſer Verſuche haben unter ſich, wie man ſieht, keine ſehr große Uebereinſtimmung; indeſſen beſtehen die Verſchiedenheiten derſelben bald nach der einen, bald nach der andern Richtung. Die Verſuche von Savart ſind genauer und haben das Geſetz der Proporzionalität der Torſionswinkel zu den Kraftmomenten am beſten bewahrheitet.

Uebrigens ſieht man, daß dieſe Unregelmäßigkeit, wie es zu erwarten ſtand, noch größer in Bezug auf das Quadrat- und länglich viereckige als auf das Rundeiſen iſt; die cylindriſche Form iſt in der That diejenige, welche bei gleicher Beſchaffenheit des Materials der Torſion am beſten widerſteht, und am ſicherſten iſt man daran, wenn man ſich an die Zahl 6786000000$^{Kil.}$ hält, welche das Eiſen dieſer Form ergeben hat.

349. Verſuch über die Torſion des Gußeiſens. — In den Bauwerkſtätten der Induſtriegeſellſchaft zu Mühlhauſen wurden Verſuche über die Torſion cylindriſcher Wellen von Gußeiſen gemacht, um den Grad der Widerſtandsfähigkeit der verſchiedenen im Gebrauch ſtehenden Arten von Gußeiſen zu ermitteln. Dieſe Wellen hatten 1^m50 Länge, 0^m10 Durchmeſſer und gingen in zwei Prismen mit quadratiſcher Baſis aus, wovon das eine in ein feſt auf Mauerwerk ruhendes Lager eingelaſſen war; das andere aber nahm einen Hebel auf, dazu beſtimmt, die Laſt zu tragen, wodurch die Torſion erzeugt werden ſollte. Dieſer Hebel hatte 2^m0 Länge; ſein Gewicht in Verbindung mit dem des Plateau's betrug $240^{Kil.}$, und der Schwerpunkt dieſer Laſt lag 0^m80 von der Achſe, ſo daß man demſelben ein Gewicht von $\frac{240^{Kil.} \times 0^m80}{2^m0}$ $= 96^{Kil.}$ hinzuſetzen muß, um die Berechnung richtig zu ſtellen.

Da ſich indeſſen unter dem Gewicht des Hebels ſelbſt und bei den erſten Belaſtungen Torſionen ergeben müſſen, die von dem Spielraum der Verbindungen herrühren, ſo wird es zur größeren Genauigkeit führen, wenn man bloß die Torſionsunterſchiede unter ſich vergleicht und deren Gang nach ihrem Zunehmen von den Belaſtungen von $100^{Kil.}$ an unterſucht.

Man hat übrigens die Bemerkung gemacht, daß der Bruch immer zwiſchen dem Hebel und dem nahe liegenden Zapfenlager erfolgte.

Verſuche über die Biegung und den Bruch des Gußeiſens durch Torſion.

Ort der Erzeugung des Gußeiſens	Belaſtung des Plateau's	Torſionswinkel
	Kil.	Grad
	100	0,50
	200	1,25
	300	2,00
	400	2,50
	500	3,50
	600	4,25
	700	5,00
	800	5,75
Schottiſches graues grobkörniges Eiſen, ſehr geſchmeidig, ſehr weich	900	6,50
	1000	7,25
	1100	8,50
	1150	9,00
	1200	9,50
	1250	10,25
	1300	11,00
	1350	12,75
	1400	13,25
	1450	14,20
	1500	15,00
	1600	Bruch
	400	2,50
	700	5,75
	1000	8,50
	1100	9,25
	1300	11,00
Bouchot, wahrſcheinlich von Franche-Comté, grau, Korn von veränderlicher Größe, gute Qualität	1400	12,00
	1500	13,00
	1600	14,50
	1640	15,00
	1680	15,25
	1780	16,25
	1880	17,75
	1980	18,75
	2080	20,25
	2180	Bruch

Digitized by Google

Art der Erzeugung des Gußeiſens	Belaſtung des Plateau's	Torſionswinkel
Bouchot	2150	Bruch
Fraiſans	1600	"
"	2050	"
Rive-de-Gier, feinkörnig und gedrängt, beinahe weiß, etwas rothgeſprenkelt, brüchig . .	1950 2250	" "
½ Engliſch ½ Bouchot . .	1950	"
½ Engliſch ½ Rive-de-Gier	2050	"
½ Engliſch ½ bocage *) .	2000	"
½ Bouchot ½ Fraiſans . .	2210	"
" " " " . .	2150	"
½ Bouchot ½ bocage . .	2150	"
½ Rive-de-Gier, ½ bocage .	2050	"

Wendet man auf dieſe Verſuche die Formel

$$a = \frac{M}{G J_1} \cdot L$$

an, in welcher

a den Bogen der Entfernungseinheit, der während der Torſion beſchrieben wird und in der folgenden Tabelle angegeben iſt;

$L = 1^m50$, die Totallänge der Welle;

M den Moment der Torſionskraft,

$J_1 = \frac{\pi}{2} R^4$ den polaren Trägheitsmoment des Durchſchnittes ausdrückt, ſo leitet man daraus ab

$$G = \frac{2M \times 1^m50}{3{,}1416 \times (0{,}05)^4 \times a}.$$

Ferner, da der Hebelsarm der Belaſtung ſtets 2^m0 war und der Bogen der Entfernungseinheit gleich iſt dem angegebenen Werthe, multiplicirt durch $\frac{6{,}2832}{360}$, ſo folgt daraus, daß wenn man die Werthe von a in Graden annimmt, die ſich in der folgenden Tabelle ergeben, man haben wird

$$G = \frac{2 \times 2 \times 1{,}50 \cdot P}{3{,}1416\ (0{,}05)^4 \times \frac{6{,}2832}{360} \times a}$$

indem man G auf den Quadratmeter bezieht, oder

$$G = 17{,}42 \frac{P}{a},$$

wenn man ſeinen Werth pro □Millimeter berechnet.

Wendet man dieſe Formel auf die zehn erſten Verſuche mit dem ſchottiſchen Gußeiſen an, ſo findet man für

P	100Kil.	200Kil.	300Kil.	400Kil.	500Kil.	600Kil.	700Kil.	800Kil.	900Kil.	1000Kil.
a	0°50	1°25	2°00	2°50	3°50	4°25	5°00	5°75	6°50	7°25
G	3484Kil.	2794	2613	2787	2488	2459	2439	2480	2412	2403

Mittel 2447Kil.

Es ſcheint aus dieſen Werthen von G hervorzugehen, daß dieſe Größe, nachdem ſie ſich von den erſten Drehungen an ſehr ſchnell verminderte, ſpäter einen mittlern Werth von 2447Kil. pro □mil. des Querſchnittes erreicht.

Macht man eine ähnliche Berechnung für die mit dem grauen feinkörnigen Gußeiſen von Bouchot angeſtellten Verſuche, ſo erhält man die folgenden Reſultate:

P .	400Kil.	700Kil.	1000Kil.	1100Kil.	1300Kil.	1400Kil.	1500Kil.	1600Kil.	1640Kil.	1680Kil.	1780Kil.
a .	2°50	5°75	8°50	9°25	14°00	12°00	13°00	14°50	15°00	15°25	16°25
G .	2787Kil.	2120	2049	2071	2058	2029	2010	1931	1904	1919	1908

Mittel 2071Kil.

Man ſieht hieraus, daß wenn man den erſten Werth von G ausnimmt, welcher einer zu ſchwachen Biegung entſpricht, die übrigen Werthe bis zu den Torſionen von 12 bis 13° beinahe konſtant erſcheinen, welches bei weitem dasjenige überſteigt, was bei Maſchinen zugelaſſen wird, und daß der allgemeine Durchſchnitt $G = 2056^{Kil.}$ beträgt; eine geringere Größe als die, welche man beim ſchottiſchen Eiſen fand, die aber dann konſtant bleibt bis auf die Torſionswinkel, die viel größer ſind als die, bei welchen dieſelbe Größe G des letztern Gußeiſens konſtant bleibt; dies ſcheint zu beweiſen, daß das Eiſen der Franche-Comté mehr Sicherheit für den Gebrauch bietet als das ſchottiſche.

Es iſt übrigens leicht zu begreifen, daß die Be-

*) Bocage nennt man die alten Gußeiſen erſter und zweiter Schmelzung, die miteinander gemengt und von verſchiedener Qualität ſind.

Digitized by Google

schaffenheit des Gußeisens den Werth des Koefficienten G sehr verschiedenartig gestalten kann.

350. Werth des Koefficienten G. — Aus allen bekannten Versuchen ist man darauf geführt worden für diesen Koefficienten sehr allgemein die folgenden mittleren Werthe anzunehmen:

Weiches Eisen	$G = 6000000000^{Kil.}$
Stangeneisen	$G = 6666000000$
Schmelzstahl	$G = 6000000000$
Gußstahl sehr feiner Qualität	$G = 10000000000$
Gußeisen	$G = 2000000000$
Kupfer	$G = 4366000000$
Bronze	$G = 1066000000$
Eiche	$G = 400000000$
Tanne	$G = 433000000$

Mit Hilfe dieser Werthe kann man im Nothfalle annäherungsweise die durch Torsion des Körpers bewirkten Verrückungswinkel berechnen, wenn man in die Formel

$$a = \frac{M L}{G J_1}$$

die Werthe des Momentes der äußeren Kräfte, der Länge L des Körpers zwischen den eingelassenen Querschnitten und den polaren Trägheitsmoment, dessen Werth wir in §. 347 angegeben, substituirt.

351. Praktische Grenzen des Torsionswinkels. — Bei den Maschinen ist es wichtig, die Werthe des Torsionswinkels a oder, was auf dasselbe hinausgeht, die Neigung der durch die Torsion gebildeten Spirallinie in sehr enge Grenzen einzuschließen, welche zuvörderst durch die Hauptbedingung, daß die Elasticität nicht beträchtlich verändert wird, und dann durch die andere bestimmt sind, keine zu großen relativen Verrückungen der einen Theile zu den andern zuzulassen.

Der größte Bogen, der durch die Punkte des Körpers, welche die größte Verrückung erleiden, wirklich beschrieben wird, ist derjenige, der die in der Maximusentfernung R' von der Achse gelegenen Punkte berührt; sein Werth ist R'a. Da übrigens die Winkelverdrehung der auf ein und derselben Achse im Verhältniß zueinander befestigten Piecen auf eine gewisse Amplitude beschränkt werden muß, so ist es das Verhältniß $\frac{R'a}{L}$ jenes Bogens zur Länge des Körpers, das die Neigung der Tangente zu den Spirallinien der Torsion an der äußern Oberfläche des Körpers, die die Torsion erleidet, darstellt, welches nach den Bemerkungen guter Constructeurs begrenzt werden muß.

Multiplicirt man hier noch die beiden Ausdrücke des obern Verhältnisses mit der Entfernung R' der von der Achse am entferntesten Fiber, so erhält man

$$\frac{R'a}{L} = \frac{M R'}{G J_1},$$

und dies ist das Verhältniß $\frac{R'a}{L}$, welches begrenzt werden muß, damit die Konstrukzion die erforderliche Solidität besitze und hinreichende Sicherheit gewähre.

352. Praktische Anwendung und Formeln. — Wenden wir diese Betrachtungen auf das Gußeisen von Bouchot an, mit welchem die Industriegesellschaft in Mühlhausen Versuche anstellte, und lassen wir für dieses Gußeisen $G = 2000000000^{Kil.}$ gelten. Die Beobachtung mehrerer hinlänglich soliden Konstrukzionen und die Anwendung auf eine große Anzahl von neuen Konstrukzionen, die in den Artilleriewerkstätten ausgeführt wurden, haben bewiesen, daß man sich für cylindrische gußeiserne, leichtere, schnellgehende Wellen mit Sicherheit der praktischen Formel

$$d^3 = \frac{P R}{262000}$$

bedienen kann, die auf $\frac{P R}{d^3} = 262000$ hinausgeht, und in welcher P die die Torsion hervorbringende Kraft, R ihren Hebelsarm, $P R = M$ den Moment der äußern Kraft bezeichnet, und die Formel

$$\frac{R'a}{L} = \frac{M R'}{G J_1}$$

wird sonach auf

$$\frac{R'a}{L} = \frac{P R}{\left(G \frac{J_1}{R'}\right)}$$

zurückgeführt.

Für cylindrische Körper hat man (§. 347)

$$\frac{J_1}{R'} = 1{,}5708\, R^3 = 0{,}19637\, d^3,$$

was die allgemeine Formel auf

$$\frac{R'a}{L} = \frac{P R}{2000000000 \times 0{,}19637\, d^3} = \frac{1}{392740000} \frac{P R}{d^3}$$

zurückführt.

Da nun die praktische Formel

$$\frac{P R}{d^3} = 262000$$

gibt, so folgt daraus, daß sie auf

$$\frac{R'a}{L} = \frac{262000}{392740000} = 0{,}000667$$

Digitized by Google

leitet, woraus wir lernen, daß mit dieser Formel die Spirallinie, welche durch die Torsion einer der Erzeugungslinien des Cylinders entsteht, zur Begrenzungstangente eine gerade Linie hat, die mit der anfänglichen Stellung dieser Erzeugungslinie einen Winkel macht, dessen trigonometrische Tangente höchstens $0^m000667$ oder $2' 18''$ ist. Diese Größe ist beiläufig nur die Hälfte derjenigen, welche der Torsion entspricht, die bei den Mühlhauser Versuchen die Probestücke unter der Last von $400^{Kil.}$ erlitten. Sie gehörte demnach einer Last von beiläufig $200^{Kil.}$ an, und man hat gesehen, daß die Elasticität der Probecylinder durch $7\frac{1}{2}$ Mal größere Belastungen oder $1500^{Kil.}$ nicht angegriffen worden ist.

Nimmt man also diese Grenze der Winkelverdrehung oder den Werth von $\frac{R'a}{L}$ für alle leichtern Wellen an und reducirt sie auf die Hälfte für starke Wellen oder für Motoren der größten Art, d. h. für die Motoren der ersten Bewegungsfortpflanzung oder solche, die zum Ziehen schwerer Lasten bestimmt sind, so erhält man, wenn diese Größen durch den Werth der mit der Beschaffenheit des angewendeten Materials korrespondirenden Zahl G (§. 350) multiplicirt werden, die Werthe des konstanten Koefficienten $G\frac{R'a}{L}$, der in die allgemeine Formel

$$G\frac{R'a}{L} = \frac{M}{\left(\frac{J,}{R'}\right)}$$

eintritt, deren zweites Glied den Moment M der Kraft und die Größe $\frac{J,}{R'}$ enthält, was von den Dimensionen des Körpers abhängt (§. 347).

Man findet demnach für die folgenden Materiale:

Beschaffenheit des Materials	Wellen	
	leichte $G\frac{R'a}{L}$	starke $G\frac{R'a}{L}$
	Kil.	Kil.
Eisen und Stahl . . .	4002000	2001000
Gußeisen	1334000	667000
Eichenholz	266000	133000
Tannenholz	288811	144405

Mit Hilfe dieser Werthe und derer, welche $\frac{J,}{R'}$ nach den verschiedenen Formen des Körpers erhält, ist es leicht, die gebräuchlichen Formeln zur Bestimmung der zweckmäßigsten Dimensionen für die Praxis aufzustellen und folgende Tabelle zu bilden.

Praktische Formeln zur Bestimmung der Dimensionen solcher Körper, welche der Torsion ausgesetzt sind.

Form des Querschnittes	Material des Körpers	Formeln für die Wellen	
		leichtere	starke
Quadrat	Schmiedeisen oder Stahl	$b^3 = \frac{PR}{943280}$	$b^3 = \frac{PR}{471640}$
	Gußeisen	$b^3 = \frac{PR}{314420}$	$b^3 = \frac{PR}{157210}$
	Eichenholz	$b^3 = \frac{PR}{62697}$	$b^3 = \frac{PR}{31348}$
	Tannenholz	$b^3 = \frac{PR}{68073}$	$b^3 = \frac{PR}{34036}$
Voller Kreis	Schmiedeisen oder Stahl	$d^3 = \frac{PR}{785880}$	$d^3 = \frac{PR}{392940}$
	Gußeisen	$d^3 = \frac{PR}{262900}$	$d^3 = \frac{PR}{131450}$
	Eichenholz	$d^3 = \frac{PR}{52234}$	$d^3 = \frac{PR}{26177}$
	Tannenholz	$d^3 = \frac{PR}{56713}$	$d^3 = \frac{PR}{28356}$

Digitized by Google

Form des Querſchnittes	Material des Körpers	Formeln für die Wellen: leichtere	Formeln für die Wellen: ſtarke
Ringförmig, d und d' beliebig	Schmiedeiſen oder Stahl	$\frac{d^4 - d'^4}{d} = \frac{PR}{785880}$	$\frac{d^4 - d'^4}{d} = \frac{PR}{392940}$
	Gußeißen	$\frac{d^4 - d'^4}{d} = \frac{PR}{262900}$	$\frac{d^4 - d'^4}{d} = \frac{PR}{131450}$
	Eichenholz	$\frac{d^4 - d'^4}{d} = \frac{PR}{52234}$	$\frac{d^4 - d'^4}{d} = \frac{PR}{26117}$
	Tannenholz	$\frac{d^4 - d'^4}{d} = \frac{PR}{56713}$	$\frac{d^4 - d'^4}{d} = \frac{PR}{28356}$
	Schmiedeiſen oder Stahl	$d^3 = \frac{PR}{681030}$	$d^3 = \frac{PR}{342015}$
	Gußeiſen	$d^3 = \frac{PR}{228010}$	$d^3 = \frac{PR}{114005}$
	Eichenholz	$d^3 = \frac{PR}{45465}$	$d^3 = \frac{PR}{22732}$
	Tannenholz	$d^3 = \frac{PR}{48240}$	$d^3 = \frac{PR}{24120}$

Dieſe Formeln ſind in Betreff der gußeiſernen Wellen dieſelben, welche in meinem Aide mémoire, 4. Auflage, angegeben ſind; für das Schmiedeiſen aber kann der Diviſor der Formeln, da der Werth des Koeffieienten G der elaſtiſchen Widerſtandsfähigkeit gegen die Torſion für dieſes Metall das Dreifache des Gußeiſens (§. 350) beträgt, nicht derſelbe ſein, wie wir es früher angenommen haben, weil es uns an Daten zur Beſtimmung fehlte.

353. Von der Widerſtandsfähigkeit des Gußeiſens gegen den Bruch durch Torſion. — Der Bruch durch Torſion wird hervorgebracht durch die Winkeldrehung, die ſich zwiſchen irgend zwei aufeinander folgenden Schnitten erzeugt, und wenn die daraus entſtehende Verlängerung der Fibern oder die Entfernung ihrer Molekülen die Grenze derjenigen überſchreitet, welche die molekulären Widerſtände zulaſſen. Es folgt daraus, daß die Widerſtandsfähigkeit gegen den Bruch durch Torſion unabhängig iſt von der Länge der Körper und im Gegentheil abhängt von der Neigung $\frac{R'a}{L}$ der Tangenten zur Spirallinie, die durch die Torſion hervorgebracht wird, und von dem Koefficienten G der elaſtiſchen Widerſtandsfähigkeit. Das Produkt $G \cdot \frac{R'a}{L}$ dieſer beiden Größen kann alſo gewiſſermaßen als der Bruchkoefficient der Körper durch Torſion betrachtet werden, und ſein Werth wird gegeben durch den von $\frac{M}{\left(\frac{J}{R'}\right)}$, wenn wir durch die Erfahrung den letzteren werden kennen gelernt haben.

Bei den in Mühlhauſen gemachten Verſuchen, wo die Probecylinder 0^m10 Durchmeſſer hatten und der Hebelsarm 2^m0 war, hat man geſehen (§. 352), daß bei dem ſchottiſchen Gußeiſen der Bruch unter der Belaſtung von $1600^{Kil.}$, zu welcher $96^{Kil.}$ hinzuzurechnen ſind, wegen des Gewichts, das an dem Ende des Hebels angehängt war. ſtattfand.

Bei dem Gußeiſen von Bouchot betrug die Bruchbelaſtung $P = 2181^{Kil.} + 96^{Kil.} = 2277^{Kil.}$, und bei den verſchiedenen Miſchungen der Gußeiſen von Rive-de-Gier, von engliſchen, Fraiſans und den verſchiedenen Güſſen des Eiſens von Bouchot entfernte ſich dieſe Belaſtung wenig von dem vorhergehenden Werthe.

Nach dieſen Daten findet man für das ſchottiſche Eiſen:

$$G\frac{R'a}{L} = \frac{1696^{Kil.} \times 2^m0}{0{,}19637 \times 0{,}10^3} = 17273000^{Kil.}$$

und für das Gußeiſen von Bouchot und andere zu Mühlhauſen verſuchten im Mittel

$$G\frac{R'a}{L} = \frac{2277^{Kil.} \times 2^m0}{0{,}19637 \times 0{,}10^3} = 23191000^{Kil.},$$

Digitized by Google

welchen Resultaten wir noch die des Hrn. Carillion, eines geschickten Constructeurs zu Paris, hinzufügen können.

354. Versuche des Hrn. Carillion über die Widerstandsfähigkeit des Gußeisens gegen den Bruch durch Torsion. — Diese Versuche wurden mit französischen Gußeisensorten von verschiedenen Erzeugnissen angestellt, wovon die einen aus verschiedenen Mischungen bei den Gießern von Paris, die andern in den Hütten hergestellt wurden. Alle Probestücke wurden in der Form von Cylindern mit prismatischen im Querschnitt ein Quadrat bildenden Köpfen an den Enden gegossen, von denen der eine von einem Schraubstock gehalten wurde, während der andere den Arm eines Hebels in Form eines Windeisens aufnahm, der der Belastung korrespondirte. Der schwächere Theil dieser Piecen war mit der größten Sorgfalt nach einem Durchmesser abgedreht, welcher für alle genau derselbe und vermittelst eines Kalibers berichtigt war. Die Cylinder hatten 0^m02 Durchmesser und der Hebelsarm der Belastung eine Länge von 0^m50.

Die Torsionswinkel für die verschiedenen Belastungen wurden nicht beobachtet, und man beschränkte sich darauf, den Bruchwinkel und die entsprechende Belastung einzutragen; die folgende Tabelle enthält die Resultate dieser Versuche.

Namen der Gießer und der Hütten		Belastungen des Hebels, die den Bruch hervorbrachten P
Hr. Pihet zu Paris	1839	83,625 Kil.
„ „	1844	83,000
„ „	1844	85,625
„ „	1844	80,625
„ „	1844	87,000
Hr. Béchu in Paris	1844	87,000
Hr. Thiébault zu Paris	1850	87,925 87,125 85,625 83,125
Hr. Guerin von Montluçon	1851 . . .	96,125 81,625 93,625 89,125
Hr. Mazière bei Bourges	1851 . . .	85,625 81,625 70,625
Hr. Raffin von Nevers	1851	65,625 67,625 66,625 70,625 71,625 68,625
Hr. Salmon und Furster von Burges	1851	90,625 75,625 73,625
	Allgemeiner Durchschnitt	80,750

Wenn man nach dem mittlern Werth der Belastung, den diese Beobachtungen liefern, den Werth des Bruchkoefficienten $G\frac{R'a}{L}$ berechnet, so findet man

$$G\frac{R'a}{L} = 25701000^{Kil.},$$

was sehr wenig von demjenigen abweicht, der aus den Versuchen von Mühlhausen mit französischem Gußeisen abgeleitet wurde, besonders wenn man betrachtet, daß diese letztern an viel stärkeren Cylindern ausgeführt wurden, die folglich ein weniger feines Korn hatten; ein Umstand, der sehr bedeutend auf die Resultate influenciren kann.

355. Bemerkungen in Betreff der praktischen Formeln von Nr. 352. — Es ist zu bemerken, daß wir in den praktischen Formeln von §. 352 für die leichtern gußeisernen Wellen den Werth

$$G\frac{R'a}{L} = 1334000^{Kil.}$$

angenommen haben, während uns die Versuche über den Bruch durch Drehung, worüber wir berichteten, folgende Werthe lieferten:

	$G\frac{R'a}{L}$
Schottisches Gußeisen	17273000 Kil.
Gußeisen von Bouchot, Rive-de-Gier und gemischte	23191000
Verschiedene Gußeisen, gemischte oder reine aus Paris oder Berry . . .	25701000
Durchschnitt	22055000,

woraus man ersieht, daß der mittlere Werth $G\frac{R'a}{L} = 22055000^{Kil.}$ gleich ist mehr als dem Sechsfachen dessen, den wir in den praktischen Formeln angenommen haben, und daß folglich jene Formeln alle Sicherheit

Digitized by Google

gewähren und auf Dimenſionen führen, welche ſelbſt größer ſind als es nothwendig iſt.

356. Ein Fall, in welchem man gezwungen iſt, die Körper eine bedeutende Torſion erleiden zu laſſen. — Die von uns angenommene Grenze bezieht ſich nach den Beobachtungen guter Maſchinenbauer hinſichtlich der Torſion, welche man den Wellen unterwerfen kann, nur auf die, welche zur Uebertragung der Bewegung gebraucht werden, bei denen die zu großen relativen Verdrehungen, abgeſehen von der Widerſtandsfähigkeit, Uebelſtände verurſachen würden. Es gibt aber Fälle, wo die Art der Leiſtung dagegen erheiſcht, daß die Maſchinentheile denſelben ohne Gefahr und ohne permanente Veränderungen ausgeſetzt werden. Dahin gehören die Bohrſtangen beim Bohren der Brunnen, und da ihre Leichtigkeit viel zur bequemen Handhabung beiträgt, ſo iſt es von Wichtigkeit, ihnen nur die durchaus nothwendigen Dimenſionen zu geben, auf der andern Seite aber das Eiſen dazu von der erſten Qualität zu nehmen.

Das Bohren des Brunnens von Grenelle hat Hrn. Mulot Gelegenheit zu mehreren wichtigen Beobachtungen gegeben, unter denen wir nur die folgenden anführen:

In der Tiefe von 530^m konnten zwei Bohrſtangen mit quadratiſchem Querſchnitt von reſp. 0^{m}041 und 0^{m}051 Seite, welche durch den Widerſtand ihres untern Theils feſtſtanden, ohne Veränderung ihrer Elaſticität die erſte ſieben und die zweite fünf Umgänge des Betriebsgöpels erleiden, der an ihrem obern Theil wirkte.

Da nach den Angaben die Werthe der Halbdiagonale oder die Entfernung R' der den größten Verdrehungen ausgeſetzten Fibern von der Achſe

R' = 0^{m}029 bei der Stange mit 0^{m}041 Seite,
R'' = 0^{m}036 „ „ „ „ 0^{m}051 Seite

ſind, ſo leitet man daraus ab:

für die erſte R' a = 0^{m}028 × 7 × 6,2832 = 1^{m}231,
für die zweite R'' a = 0^{m}036 × 5 × 6,2832 = 1^{m}131,

woraus für die Neigungen der durch die Kanten dieſer Stangen gebildeten Spirallinien die folgenden Werthe hervorgehen:

erſte Stange von 0^{m}041 Seite $\frac{R' a}{L}$ = 0,0023236,

zweite Stange von 0^{m}051 Seite $\frac{R' a}{L}$ = 0,0021339.

Es muß hinzugeſetzt werden, daß die Beobachtungen Hrn. Mulot den Beweis geliefert haben, daß wenn auch einige Stangen fähig ſind ohne Veränderung ihrer Form ſo bedeutende Torſionen zu erleiden, es doch andere gibt, die ſich verbiegen und brechen, ſo daß alſo dieſe Torſionen als die äußerſten Grenzen betrachtet werden müſſen.

Vergleicht man nun die Werthe von $\frac{R' a}{L}$ mit dem, welchen wir im §. 352 für die praktiſchen Formeln angegeben haben, und

$$\frac{R' a}{L} = 0{,}000667$$

iſt, ſo ſieht man, daß dieſer hier etwas mehr als ein Viertel des äußerſten Werthes beträgt; wir haben uns alſo in Bezug auf permanente Konſtrukzionen jener Grenze ziemlich genähert und ſind dennoch weit genug entfernt geblieben, um mit Vertrauen die praktiſchen Formeln des §. 352 anwenden zu können.

Die Verſuche Hrn. Mulot's haben auch dargethan, daß Stangen von gutem Berryeiſen ohne Formveränderung der Torſion beſſern Widerſtand leiſteten als die gegerbten Eiſenſorten aus Abfällen, die in der Gegend von Paris fabricirt werden. Dennoch konnte eine Stange der letztern Art von nur 0^{m}056 Seite und 8^{m}0 Länge ſich drehend vier Umgänge aushalten ohne zu brechen. In dieſem Fall iſt R' = 0^{m}0395, R' a = 0^{m}993, und $\frac{R' a}{L}$ = 0,124, was hier wie in andern Fällen beweiſt, daß wenn die ſehr weichen Eiſen den Fehler haben ſich leichter zu verkrümmen als die härtere, ſie dagegen den Vortheil beſitzen, größere Verkrümmungen als dieſe zu ertragen, und ſie bieten daher in gewiſſen Fällen eine viel größere Sicherheit.

Digitized by Google

Englisches Wohnhaus.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 643.)

Die bei weitem größere Mehrzahl der Häuser von London sind 16 bis 22 Fuß tief; sie haben ein Souterrain, welches in der Regel zu häuslichen Zwecken bestimmt ist, ferner ein Erdgeschoß, in dem sich gewöhnlich ein Laden oder Geschäftszimmer befindet, dann zwei Stockwerke, jedes mit zwei Wohnzimmern, und endlich zwei oder drei kleinere Dachzimmer, so daß sie im Ganzen 10 oder 11 Zimmer enthalten.

In den besseren Distrikten werden solche Häuser in der Regel von dem Ladenbesitzer und seiner Familie bewohnt; öfters aber wird ein Theil des Hauses vermiethet, und in den meisten Häusern von London faßt jedes Stockwerk eine Familie für sich; sehr oft bewohnt eine solche auch nur ein Zimmer. Der Umstand, daß zwei oder mehrere Familien ein Haus bewohnen, ist im Allgemeinen sehr selten, da das ganze Haus eigentlich nur für eine einzige Familie berechnet und eingerichtet ist. Aus dem Umstand, daß der Bewohner des obern Stockwerkes seine Küche im Souterrain hat, erwächst für die Dienerschaft eine große Mühe und Unbequemlichkeit; außerdem wird der Uebelstand sehr fühlbar, daß ein Geschäftsmann in der Regel das ganze Haus miethen muß, um den Laden benutzen zu können, obgleich es anderseits auch wieder wahr ist, daß viele einen Gewinn daraus ziehen, wenn sie das Uebrige entweder nach Stockwerken oder nach Zimmern vermiethen. Wir haben es aber mehr mit der besseren Klasse von Ladenbesitzern zu thun, bei denen es sich nur um ihr Geschäft handelt, und die ohne die Last, mehr Zimmer zu haben als sie bewohnen können, besser fahren würden. Auf dem Kontinent, so wie in Edinburg und Glasgow ist es immer Sitte gewesen, die Häuser nach einem anderen Plane einzurichten; in den letzteren Städten heißen diese Häuser „flache“ (flats), was den Unterschied zwischen Wohnungen in einzelnen Stockwerken und solchen in einer und derselben Ebene oder Fläche bezeichnen.

Die Häuser, wie sie die hieher gehörige Abbildung veranschaulicht, gehören dem letzteren Princip an und wurden von einem eben so kühnen als einsichtsvollen Spekulanten, Herrn Mackenzie, in der Metropole des englischen Königreichs eingeführt, wo merkwürdiger Weise dieses System bis jetzt noch nie versucht worden war. Man lernt aber jetzt die Zweckmäßigkeit und die größere Bequemlichkeit dieses Systems einsehen, und man kann behaupten, daß diese kühne Neuerung und Verbesserung das ganze Unternehmen mit wohlverdientem Erfolge krönen wird. Das System wurde auf ein Mal von einer sehr hervorragenden Klasse von Miethern ergriffen, und sie fanden bei diesen Wohnhäusern Bequemlichkeit, Comfort und Oekonomie vereinigt. Die Häuser, wovon Blatt 643 ein Beispiel darstellt, wurden in einer der vornehmsten Straßen errichtet, welche durch Privatunternehmung in Folge mehrerer Parlamentsakten angelegt und durch Kommissäre, die durch diese Parlamentsakten angestellt waren, ausgeführt wurden; hierher gehören die Westminster Improvement Commissioners, deren Architekt die Häuser absteckte. Die Straße, in der sie gebaut wurden, heißt Viktoriastraße und führt von der Westfronte der Westminsterabtei bis nahe an den Buckinghampalast, der königlichen Residenz.

Diese Häuser haben sechs Stockwerke über dem Boden und ein Souterrain; das Erdgeschoß, welches den Laden und ein Wohnzimmer enthält, ist mit dem Souterrain und dem Halbgeschoß als ganz abgesonderte Wohnungen an die Ladenbesitzer vermiethet. Die vier oberen Stockwerke sind als abgesonderte Wohnungen vermiethet; sie haben alle ein gemeinschaftliches großes von oben erhelltes und luftiges Treppenhaus mit einer Hintertreppe für die Dienerschaft und einen Lichthof zur Beleuchtung der inneren Gänge und zur Ventilazion. Jede Wohnung enthält zwei Wohnzimmer und drei Schlafzimmer mit einem geruchlosen Abtritt für die Familie, so wie eine Küche mit einem Schlafzimmer, einem Spülraum, einer Vorrathskammer, Garderobe und geruchlosem Abtritt für die Dienerschaft. In der Mitte des eben erwähnten Lichthofes befindet sich eine Maschine zum Aufziehen von Lasten, wodurch viel Arbeit erspart wird. Alle einzelnen Wohnungen werden von den öffentlichen Gesellschaften mit Wasser und Gas versorgt. Ein Portier mit einer eigenen Wohnung im Hause öffnet die Straßenthüre und beaufsichtigt alles, was aus und eingeht. Die Decken bestehen durchaus aus eisernen Trägern und Ziegelwölbungen mit Querbalken und einem gedielten Boden so wie einer Mörteldecke. Das eiserne Dach ist mit Ziegeln gedeckt, die in Asphalt gelegt sind.

Digitized by Google

Das Haus des Maurermeiſters Grau in Kaſſel.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 644.)

Seit der Entſtehung der Eiſenbahnen in Kurheſſen iſt nicht nur die Fabrikazion der Backſteine, ſondern auch deren Anwendung beim Rohbau vervollkommnet worden, wozu hauptſächlich die vielen in Backſtein-Rohbau ausgeführten Eiſenbahn-Hochbauten Veranlaſſung gaben. Aber auch das zu dieſer Fabrikazion nöthige Material, welches namentlich in der Gegend von Kaſſel in vortrefflichen Qualitäten und ergiebigen Quantitäten zu erlangen iſt, begünſtigte ſehr den Aufſchwung, welchen dieſer Induſtriezweig daſelbſt ſeit einem Jahrzehnt erhalten hat. Obgleich in der nächſten Umgegend von Kaſſel verſchiedenartige Sandſteine gebrochen werden, ſo eignet ſich doch dieſes Material wenig zur Herſtellung von Umfaſſungsmauern der Wohnräume, ſondern die gewöhnlichen Qualitäten deſſelben werden nur zu Fundament-, Keller- und Sockelmauern, die feinkörnigen Sandſorten, welche ungleich theurer als die gewöhnlichen Sandſteine ſind, werden hingegen meiſtens nur zu Steinmetzarbeiten benutzt.

Bei dem hier in Rede ſtehenden Hauſe iſt der vom Eigenthümer beliebte Rohbau dem obigen gemäß ſtreng durchgeführt worden, und obgleich daſſelbe von abgeputzten Häuſern umgeben iſt, ſo dürfte der hervorgebrachte grelle Farbenunterſchied der hier dargeſtellten Faßade gegen die Faßaden der Nachbarhäuſer deshalb weniger auffallend erſcheinen, da das in Rede ſtehende Haus ein Eckhaus iſt und ſomit die in dunkler Farbe entſtandene Begrenzung der Häuſerreihe dem Auge nicht ſo unangenehm entgegentritt. Was die Grundform dieſes Hauſes betrifft, ſo läßt ſich hierüber wenig ſagen, da ſelbige deutlich aus den bezüglichen Grundriſſen hervorgeht und dieſelbe nichts Außerordentliches in Bezug auf Dispoſizion der Räume ꝛc. enthält. Auch in konſtruktiver Beziehung iſt hierbei das Gewöhnliche mit Rückſicht auf größtmöglichſte Solidität, wie ſelbige überhaupt der Charakter des Rohbaues erfordert, geleiſtet worden, weßhalb Durchſchnitte füglich weggelaſſen werden konnten. Doch ſoll in Bezug auf die Ausführung der Faßade Einiges im Nachſtehenden bemerkt werden.

Die Sockelmauern ſind von hellgelbem Sandſtein in 10 Zoll hohen Lagen mit ſymmetriſchem Fugenſchnitt, dagegen ſämmtliche Steinmetzarbeiten zu den Haupt- und Gurtgeſimſen ſo wie Sohlbänken mit Ausnahme der Konſolen am Hauptgeſims, welche ebenfalls aus weißgelblichen Sandſteinen gearbeitet ſind, von feinkörnigen röthlich weißen Sandſteinen aus den Brüchen von Balhorn hergeſtellt worden. Leider konnte der ganze Sockel wegen Koſtenerſparniß nicht aus rothen balhorner Sandſteinen ausgeführt werden, was bei der röthlich gelben Farbe der äußern Stockwerksmauern eine wohlthuende Wirkung hervorgebracht haben würde. Die Eckſäulen der Vorlagen ſind mit Ausnahme der Thür-, Fenſter- und Füllungsgewändſteine, welche wie die Backſteine der äußern Umfaſſungsmauern, die von Lehm geformt und gebrannt ſind, von röthlichen Thonſteinen hergeſtellt worden. Die hauptſächlichſten Verzierungen wurden dagegen von gebranntem Thon gelblicher Farbe ausgeführt. Nur die Säulen, Gewände ꝛc. des Einfahrtthors nebſt der darüber gelegenen Fenſtergruppe ſind von weißgrauem Sandſtein, da deren Ausführung in gebranntem Thon oder Lehm wegen der geringen Quantität der hierzu erforderlichen Steine verhältnißmäßig zu theuer geworden ſein würde.

Sämmtliche Architekturtheile tragen das Gepräge des altdeutſchen Stiles an ſich, obgleich die Faßade im Allgemeinen nicht in dieſem Stil gehalten iſt, ſondern der venezianiſche Stil als Vorlage beim bezüglichen Faßadenentwurfe gedient hat, und hierbei dieſer Stil nur mit Rückſicht auf Oertlichkeit und die jetzigen, bei derartigen Bauten geſtellten Anforderungen modificirt wurde.

Bei den wohlfeilen Preiſen der Backſteine und Terracotta-Verzierungen, wie ſolche in und bei Kaſſel beſtehen, iſt der Koſtenaufwand nicht ſo bedeutend geweſen als dieſes wohl ſcheinen könnte; dabei iſt aber Eleganz und Solidität bezweckt worden, welches auf andere Weiſe nur mit ungleich größerem Koſtenaufwand zu erzielen geweſen ſein würde.

Die bezüglichen Riſſe ſind von dem Ingenieur und Architekten Edm. Hacault von Dresden, welcher bereits in Belgien und Heſſen ähnliche Bauten projektirte und ausführte, entworfen worden. — Die Details jedoch wurden von dem Architekten Potente aus Kaſſel, dieſen Riſſen gemäß, weiter ausgearbeitet, auch die nöthigen Modelle von ihm verfertigt. Die Ausführung iſt vom Eigenthümer ſelbſt mit Sachkenntniß geleitet worden und kann als eine durchaus gelungene betrachtet werden.

Digitized by Google

Landwirthſchaftliche Gebäude in Frankreich und Belgien.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 643 bis 652.)

I. Wirthſchaftsgehöfte aus der Umgegend von Paris.

(Hiezu Blatt 643—647.)

Die landwirthſchaftlichen Gebäude in Frankreich befinden ſich im Allgemeinen in einem beklagenswerthen Zuſtande, denn ohne Ordnung gruppirt ſind ſie ſchlecht gebaut und noch ſchlechter unterhalten und erregen ein wehmüthiges Gefühl des Elends und der Verwahrloſung. Die gute Ausführung dieſer Gebäude aber übt auf den landwirthſchaftlichen Betrieb einen viel größern Einfluß aus als man es faſt zu glauben geneigt iſt, und es iſt daher die Sorgloſigkeit und Unwiſſenheit der Landwirthe ſehr zu beklagen, welche bei dem Bau ihrer Oekonomiegebäude weder Geſchmack noch Sorgfalt anwenden. Faſt immer kann man ohne Erhöhung der Koſten und bei Verwendung derſelben Materialien dem Bau eine gewiſſe Eleganz in der Form verleihen und ihn auf eine Stufe der Zierlichkeit und Schicklichkeit ſtellen, deren Einfluß ſich auf die Gewohnheiten der ländlichen Bauhandwerker ſehr wohlthätig äußert, was man an allen jenen Orten lebhaft empfindet, wo ein edler Sinn für das Schöne den Eigenthümer eines Landgutes geleitet hat, wovon man in Frankreich manche ausgezeichnete Beiſpiele findet. — Wir beabſichtigen die Einrichtung und den Bau muſterhafter ländlicher Gebäude Frankreichs und Belgiens zum Gegenſtand einer Reihe von Mittheilungen zu machen, die wir mit den anliegenden Blättern 643—647 beginnen, welche einen mittleren Pachthof aus der Umgebung von Paris darſtellen, bei dem man die Bedingungen des Geſchmacks und der Zweckmäßigkeit vereinigt findet. Dieſen Darſtellungen werden wir einige Bemerkungen über die Grundſätze anſchließen, welche bei den razionellen Landwirthen dieſer Länder als maßgebend angenommen worden ſind und wonach die beſten Wirthſchaftsanlagen ausgeführt wurden.

Da ein Oekonomiegehöfte die Vereinigung aller zum landwirthſchaftlichen Betrieb erforderlichen Gebäude, ſowohl zur Wohnung des Eigenthümers oder Pächters und ſeiner Familie, ſo wie zur Aufbewahrung der geernteten Früchte iſt, ſo muß alles ſo angeordnet ſein, daß das Auge des Herrn mit einem Blick alles überſehen kann und überall ein bequemer Zugang ſtattfindet. Beſonders erforderlich iſt es, daß die Gebäude einer etwaigen Feuersbrunſt wegen voneinander entfernt ſtehen und ſo angeordnet ſind, daß ſie in der Ausdehnung nach der Länge, Breite und Höhe ihren beſondern Zwecken entſprechen. Die Nähe einer Straße iſt für einen ſolchen Wirthſchaftshof von koſtbarem Vortheil, beſonders wenn das Wohngebäude des Pächters in der Mittellinie des Gehöftes liegend nach derſelben hinausgeht wie es bei dem vorliegenden der Fall iſt (Blatt 643). Da das Wohngebäude ſolche Umgebung haben muß, daß dadurch der Aufenthalt in demſelben angenehm wird, ſo ſoll man bei der Anlage Rückſicht auf anſtoßende Anpflanzungen und Blumengärten nehmen. Das hauptſächlichſte Zimmer in dem Wohngebäude unſerer Meierei iſt das große Zimmer a für die zur Wirthſchaft gehörigen Perſonen, welche dort ihre Mahlzeiten einnehmen; gegenüber liegt die Küche b mit einem Backofen und daneben ein Kabinet c für den Herrn zur Beaufſichtigung. Im erſten Stocke befindet ſich die Wohnung des Pächters und ſeiner Familie.

Die Anordnung der ſämmtlichen Gebäude um einen Hof herum iſt nothwendig wegen der Ausübung einer ſtrengen und fortwährenden Aufſicht; man hat die Erfahrung gemacht, daß bei der Anlage mehrerer Höfe eine ſolche gar nicht oder nur mit Schwierigkeiten zu erreichen iſt. Es wurden bei unſerem Gehöfte demnach die Gebäude ſo placirt, daß dieſe ſo nothwendige Bedingung erfüllt werden konnte. Auf der linken Seite liegt das Milchhaus g, deſſen Querſchnitt aus Fig. 6 Blatt 647 zu erſehen iſt, dem ein Schafſtall h an der hintern Seite korreſpondirt, und dazwiſchen liegt der Kuhſtall f und der offene Schoppen f', welcher für eine ſolche Wirthſchaft von der größten Nothwendigkeit iſt, um Ackerbaugeräthe u. ſ. w. im Trocknen aufſtellen und aufhängen zu können. Den Hintergrund des Hofes nimmt die Scheune d ein, welche mit den Ländereien am nächſten in Verbindung ſteht; ſie iſt das größte Gebäude des Gutes; und kann ſie in reichen Jahren die gewonnenen Früchte nicht alle aufnehmen, ſo iſt hinter derſelben noch ein Raum für die Getreideſchober d' reſervirt. Das Dach der Scheuer ſpringt, wie aus Fig. 2 Blatt 647 hervorgeht, weit vor, was in Verbindung

Digitized by Google

mit den Räumen zwiſchen den Strebepfeilern zur Gewinnung kleiner Räume für Maſtſchweine u. ſ. w. führte. Rechts von dem Wohngebäude erblicken wir den Schweinſtall i, daneben den Pferdeſtall e mit davor liegendem Schoppen e'. In dem Halbgeſchoß darüber liegen, wie es in dem gegenüber ſtehenden Kuhſtall der Fall iſt, die Futtervorräthe. Das letzte Gebäude auf dieſer Seite k und l iſt für Geflügel beſtimmt. In der Mitte des Hofes iſt p die Tränke, m das Taubenhaus, n die Miſtgrube und o ein laufender Brunnen. Auf Blatt **646** ſehen wir in Fig. 1 die vordere Anſicht des Landgutes, Fig. 2 die Anſicht der Hofſeite des Wohngebäudes, Fig. 3 deſſen Querdurchſchnitt, Fig. 4 aber den Durchſchnitt und die Anſicht von der Miſtgrube, dem Brunnen, dem Taubenhauſe und der Tränke. Blatt **647** Fig. 1 iſt die Anſicht der Scheune, und Fig. 2 ihr Durchſchnitt, Fig. 4 die Anſicht des Kuhſtalles, Fig. 3 deſſen Querprofil, Fig. 5 die Anſicht des Schafſtalles, Fig. 7 der Durchſchnitt des Schweinſtalles und Fig. 6 des Milchhauſes.

Bei näherer Prüfung der Zeichnungen wird man ſich überzeugen, daß Nützlichkeit und Schicklichkeit hier auf eine harmoniſche Weiſe verbunden ſind. Jedes iſt nach ſeiner relativen Wichtigkeit an ſeinem Platze, überall eine bequeme Cirkulazion, und die Regelmäßigkeit der architektoniſchen Linien, die Anordnung und Symmetrie der Maſſen ſcheinen aus dem einzigen Bedürfniß der Regelmäßigkeit im Betriebe oder anderer Erforderniſſe hervorgegangen und nicht das Reſultat einer gelehrten Kombinazion zu ſein.

II. Kuhſtall, Milchhaus und Hühnerhof eines Landhauſes bei Paris.

(Hierzu Blatt **648**.)

Unter den Zubehörungen eines Schloſſes und ſelbſt eines Landhauſes nimmt der Hühnerhof eine ſehr wichtige Stellung ein, und zwar wegen des Vortheiles, den man daraus zieht, dann aber auch wegen der Annehmlichkeit, die er ſeinem Eigenthümer verſchafft. In Frankreich bezeichnet man mit dem Namen „basse cour“ gewöhnlich den Theil eines ländlichen oder ſtädtiſchen Gebäudes, wo das zur Conſumzion oder zum Verkauf beſtimmte Geflügel, als Hühner, Gänſe, Truthähne, Enten, Faſanen, Rebhühner u. ſ. w. gezogen werden, und außerdem enthält derſelbe auch öfters den Kuhſtall, das Milchhaus und ſelbſt den Schweinſtall. Je nachdem nun dieſer Geflügelhof näher oder entfernter von dem Hauptgebäude liegt, gibt man ihm eine mehr oder minder pittoreske und zierliche Anordnung. Unter dergleichen Anlagen, die man in Frankreich wahrnimmt, iſt die auf unſerem Blatte **648** dargeſtellte eine der angenehmſten und zweckmäßigſten Kombinazionen. Das Gebäude liegt an einer einen Park durchſchneidenden Allee; mitten darauf ſtößt eine andere Allee, welche nach verſchiedenen Nebengebäuden des Schloſſes Bourgneuf führt. Ueber einige Stufen kommt man auf eine Terraſſe, und von derſelben durch die rundbogige Vorhalle in den mittlern Theil des Gebäudes, der zu einem Salon beſtimmt iſt, von dem aus die rechts und links daran anſtoßenden Kuhſtälle durch die verglaſten Scheidewände überſehen werden können. Der Salon verlängert ſich nach hinten in Form eines Halbkreiſes, an welchem marmorne Bänke um einen Marmortiſch hinlaufen, ſo daß dieſer Raum einen angenehmen Ruheplatz bildet, wo der Eigenthümer ſeine Gäſte mit Milch, friſcher Butter u. ſ. w. bewirthen kann. Ueber den Fenſtern des Saales ſind Basreliefs angebracht, welche die verſchiedenen Vorrichtungen bei einer Milcherei darſtellen. Das in zwei Abtheilungen geſonderte Milchhaus legt ſich an den halbkreisförmigen Abſchluß des Saales an, und iſt ſowohl von dieſem über einige Stufen, als auch von dem Hofe aus zugänglich. Den äußeren Umkreis bilden die Stallungen, auf der einen Seite für die Hühner, auf der andern Seite für die Faſanen; Entenſtälle liegen an dem Gitter des Geflügelhofes, hinter demſelben zwei kleine mit Gittern eingefaßte Teiche, um die man auf der ſteinernen Einfaſſung herumgehen kann.

Die Annehmlichkeiten, welche eine Milcherei einer kleinen Landwirthſchaft gewährt, geben Veranlaſſung, daß eine ſolche der Gegenſtand beſonderer Sorgfalt der Hausfrau wird. Um aus der Landwirthſchaft allen möglichen Nutzen zu ziehen, muß das Gebäude zweckmäßig erbaut ſein und ſtets in höchſt reinlichem Zuſtande erhalten werden; die Milch muß man vor den Veränderungen der Temperatur (die elektriſchen Einflüſſe ſind ſehr nachtheilig) zu ſchützen ſuchen, und im Innern des Gebäudes ſoll immer der paſſendſte Temperaturgrad herrſchen, zu welchem Zwecke man verſchiedene Mittel vorgeſchlagen hat, unter denen die Erfahrung die Ueberwölbung der Milchhäuſer und die

Digitized by Google

Umſchüttung derſelben auf einige Fuß hoch mit Erde, mit einem Worte, einen Keller, als das beſte erkannt hat.

Eine Milcherei ſoll von allem Miſte und allen andern böſe Gerüche verbreitenden Gegenſtänden entfernt ſein. Im Sommer ſoll in ihr Kühle herrſchen, ſo, daß der ganze Rahm Zeit hat ſich auf der Oberfläche der Milch abzuſondern, bevor er ſauer wird; hinreichende Wärme aber muß im Winter vorhanden ſein, um eine ähnliche Wirkung in beiläufig derſelben Zeit als im Sommer hervorzubringen. Einige auf der Nordſeite angebrachte Zuglöcher werden den Zugang friſcher Luft bewirken, welche die Feuchtigkeit vertreibt; finden Fröſte ſtatt, oder iſt es ſehr heiß, ſo werden dieſe Zuglöcher geſchloſſen, beſonders aber dann, wenn ein Gewitter im Anzuge iſt.

Da man nicht überall gleichen Vortheil aus der Milchwirthſchaft ziehen kann, indem dies von der Entfernung von Städten abhängt, ſo läßt ſich an einem Orte die Milch, am andern Orte die Butter, und an einem dritten Orte der Käſe beſſer verwerthen. Man unterſcheidet deshalb drei Arten von Milchwirthſchaften:

1. Die Milchwirthſchaft für den Verkauf von Milch beſteht aus einem Raume, in welchen die gemolkene Milch geſtellt wird, und aus einem daran anſtoßenden kleinen Gemache, wo die Geräthſchaften gewaſchen und getrocknet werden. Sie müſſen nach gehörigem Gefälle mit Flieſen belegt werden, damit das Waſchwaſſer und die Molken ungehindert abfließen können; ſie müſſen ferner mit Brettgeſtellen und mehreren Tiſchen ausgerüſtet ſein, worauf die mit Milch gefüllten Gefäße geſtellt werden; ihre Breite muß bei der für die Wirthſchaft zweckmäßig befundenen Länge 9 bis 10 Fuß im Lichten betragen. Reines laufendes Waſſer iſt in einer Milcherei von außerordentlichem Werthe, weil es von großem Nutzen iſt; in jedem Falle muß für das Abwaſchwaſſer eine Senkgrube oder ein verlorner Brunnen angebracht werden.

2. Die Milchwirthſchaft für Käſe wird eingerichtet wie die vorige, jedoch mit einem dritten gegen Mittag liegenden Gemach, in welches der Käſe geſtellt wird. Daſſelbe darf durchaus nicht feucht und muß vor großer Kälte ſicher geſtellt ſein, weßhalb ein Ofen in demſelben befindlich ſein muß, um darin nöthigenfalls ein Feuer unterhalten zu können, wenn es zu kalt oder zu feucht iſt. Die Beaufſichtigung und die Beſorgung einer Milchwirthſchaft für Käſe iſt beinahe die einzige Beſchäftigung für eine Pächterin von Brie (wo bekanntlich ſo ausgezeichnete Käſe gemacht werden), beſonders während der Verfertigung derjenigen, welche man fromage de saison nennt. Die Tiſche und das Pflaſter des Milchhauſes müſſen dann täglich zweimal gewaſchen, die Käſe eben ſo oft umgedreht und die Gefäße und Geräthſchaften bei jedem Wechſel ausgebrüht und ausgewaſchen werden. Dieſem Umſtande haben die Käſe von Brie ihren großen Ruf zu verdanken.

3. Die Milchwirthſchaft für Butter muß ebenfalls drei Gemächer haben, und zwar ein gewölbtes, in das die ganz warme Milch geſtellt wird, um Rahm abzuſetzen; ein anderes ziemlich großes zur Handhabung der Butterfaßmühle und zur Aufbewahrung der Butter nach ihrer Herſtellung, und endlich ein drittes, das mit einem Sparofen, Gußſtein, mit Brettern und Haken verſehen iſt. In dieſem Raume brüht und wäſcht man die Utenſilien aus und trocknet ſie. Die Konſtruktionsdetails ſind dieſelben wie bei den obigen Räumen.

Hat man eine Dampfmaſchine oder ein Waſſerrad zur Dispoſizion, ſo kann man eine Buttermaſchine durch eine Umdrehungsbewegung in Betrieb ſetzen. Sehr zweckmäßig iſt es, den Boden, worauf man ein Milchhaus ſtellen will, zu drainiren.

III. Schweinſtall in Rincy.

(Hiezu Blatt 649.)

In den Gegenden, in welchen viele Eicheln ſind, iſt die Schweinzucht für jede Meierei beſonders vortheilhaft und es müſſen daher viele Stallungen vorhanden ſein, um die Thiere nach ihrem Alter, ihrem Geſchlechte und ihrer Beſtimmung abſondern zu können; es müſſen beſondere Stallungen für Eber, für trächtige Mutterſchweine, für Ferkel und endlich für Maſtſchweine vorhanden ſein. Die trächtigen Schweine müſſen wärmere und geſchloſſenere Ställe haben als die Maſtſchweine; alle aber ſollen eine Höhe von 6 bis 7 Fuß erreichen und durch ſchießſchartenförmige Oeffnungen, die man im Winter leicht verſchließen kann, und durch Löcher in den Thüren gehörig gelüftet ſein, damit im Innern eine geſunde, dem Gedeihen der Thiere zuträgliche Luft erhalten werde. Der Stall für ein Maſtſchwein muß 6 bis 7 Fuß Länge bei 5 Fuß Breite haben. Es iſt ein Irrthum, wenn man glaubt, das Schwein lebe gern in der Unreinlichkeit, und es werde nur fett, wenn man es in

Digitized by Google

einen ſo engen Stall einſperrt, daß es gezwungen iſt, ſich in ſeinen eigenen Koth zu legen. Man muß es im Gegentheil an einen reinlichen und bequemen Ort bringen, ihm Streu unterwerfen, dieſelbe erneuern und den Stall häufig reinigen. Geſchieht dies, ſo wird man ſehen, daß die Thiere leicht und ſchnell fett werden.

Im Allgemeinen ſoll man mit den Dimenſionen der Schweinſtälle nicht zu ſparſam ſein; am zweckmäßigſten iſt es, die Stallungen, deren Dimenſionen je nach der Beſtimmung der Schweine feſtgeſetzt werden, mit einem kleinen Hofe in Verbindung zu bringen, wo ſie ſich ausleeren und friſche Luft ſchöpfen können. Die Tröge der Ställe werden ſo placirt, daß das Futter von außen hinein gegeben werden kann, ohne daß man nöthig hat den Stall ſelbſt zu betreten. In der Regel ſollen die Schweine beſonders die Maſtſchweine ihren eigenen Trog haben, damit ſie ihre Porzion mit Ruhe verzehren können. Bei dem auf Blatt **649** dargeſtellten Schweinſtall hat man die Futtertröge ſo angelegt, daß ein Trog immer zwei Ställen gemeinſchaftlich iſt, was aber hauptſächlich aus dem Grunde geſchehen iſt, um zu zeigen, daß man auch ſolchen kleinen Gebäuden ein architektoniſches Anſehen geben kann. Da die Schweine gerne die Füße in den Trog bringen und damit ihr Futter verunreinigen, ſo muß man dieſem Uebelſtande dadurch begegnen, daß die Tröge zur Hälfte nach außen, zur Hälfte nach innen geſtellt werden, ſo daß das Schwein nur für ſeinen Kopf freien Raum findet.

Alle Theile eines Schweinſtalles müſſen mit vieler Feſtigkeit konſtruirt ſein, denn es gibt kein zerſtörenderes Thier als ein Schwein; den Fußboden pflaſtert man mit Rückſicht auf das gehörige Gefälle mit harten Steinplatten oder hochkantig geſtellten Ziegeln. Der Urin muß in Räumen, die vor den Stallungen angelegt ſind, nach der Düngergrube abfließen. Iſt das Holz nicht zu theuer, oder ſcheut man die Ausgabe nicht, ſo legt man über dem Pflaſter einen Fußboden, der mit Löchern durchbohrt iſt, um den Abfluß des Urins zu erleichtern; die Thiere ruhen dann beſſer, man kann ſie leichter rein erhalten und was nicht minder weſentlich iſt ſie vor Feuchtigkeit bewahren.

Kann man ſich hydrauliſchen Kalk oder Mörtel leicht verſchaffen, ſo iſt es ſehr zweckmäßig ihn zum Pflaſtern der Fußböden zu verwenden. Es ſetzt ſich dann keine Unreinlichkeit in die Fugen und folglich wird jeder böſe permanente Geruch beſeitigt. Ungeachtet deſſen iſt das tägliche Waſchen dieſer Fußböden unumgänglich nothwendig.

Der Schweinſtall, welcher auf Blatt **649** abgebildet iſt, entſpricht in ökonomiſcher wie in architektoniſcher Beziehung allen Anforderungen, die man an Gebäuden dieſer Art nur machen kann, und die Einrichtung entſpricht den oben angeführten Grundſätzen; nur hat der Geſchmack des Beſitzers noch manches hinzugefügt, was an Luxus grenzt. Der Stall beſteht aus einer doppelten Reihe von aneinander ſtoßenden Ställen. Zu der in der Mitte liegenden Küche, in der die Nahrung der Schweine gekocht und ihr Getränk gewärmt wird, gelangt man, ohne über die Höfe für die Schweine gehen zu müſſen, die vor den Ställen liegen. Auf jeder Seite ſind zwei kleine Teiche zum Baden der Thiere. Das Ganze iſt mit einer Mauer eingefaßt. Baumpflanzungen erhöhen noch den angenehmen Anblick dieſes landwirthſchaftlichen Gebäudes.

Fig. 5 iſt die perſpektiviſche Anſicht des äußeren Theils eines Schweinſtalles mit den Trogklappen; Fig. 4 iſt der Durchſchnitt der in der Umfangsmauer der Ställe über den Trögen liegenden Oeffnung.

IV. Taubenhaus und Milchhaus der kaiſerl. Meierei Rambouillet.

(Hiezu Blatt **650**.)

Ein Taubenhaus iſt auf dem Lande kein eigentliches Bedürfniß, doch iſt es angenehm und vortheilhaft der Taubenzucht obzuliegen. Bevor wir zu der Beſchreibung des genannten Taubenhauſes übergehen, wollen wir in kurzem die allgemeinen Grundſätze berühren, die bei ihrer Errichtung beobachtet werden müſſen.

Es gibt Taubenhäuſer, wo es den Tauben ſehr gut gefällt und ſie ſich ſehr vermehren, was bei andern wieder gar nicht der Fall iſt, ſo daß ſie von ihnen verlaſſen werden. Dies hat unſtreitig in der Regel ſeinen Grund in der Lage dieſer Gebäude und in der Nachläſſigkeit oder Sorgfalt, mit der man ihr Inneres behandelt. Diejenigen, welche an hohen und ſtillen Orten mit hübſcher Ausſicht und ganz in der Sonne liegen, lieben die Tauben, beſonders die Feldtauben am meiſten. Große Reinlichkeit iſt vor allem das erſte Erforderniß. Auch muß man dafür Sorge tragen, daß ſie im Winter oder in Zeiten, wo ſie auf den Feldern nichts finden, gefüttert werden können.

Die Hauptaufmerkſamkeit bei der Anlage eines Tau-

Digitized by Google

benhauſes muß darauf gerichtet ſein, daß daſſelbe ganz von andern Gebäuden getrennt iſt, oder wenigſtens, daß man das Eindringen der vielen Feinde der Tauben in das Gebäude verhindert. Zu dieſem Zweck putzt man die äußere Mauer der Taubenhäuſer mit einem tüchtigen Mörtel aus Kalk und Sand ganz glatt, und über der Oeffnung, durch welche die Tauben aus- und einfliegen, bringt man ein ausladendes Geſimſe an, oder man läßt den Schiefer der Bedachung ſo weit vortreten, daß Ratten, Mäuſe, Iltiſſe und andere Nagethiere keinen Eintritt finden können. Auch kann man ſich dazu des Weißbleches und der glaſirten Ziegel bedienen.

Der Gebrauch die Ausflugöffnungen eines Taubenhauſes in Form einer Luke auf dem Dache anzulegen, iſt fehlerhaft, denn Regen und Stürme bilden Traufen, wodurch der Dachſtuhl leicht zur Fäulniß gebracht wird. Uebrigens kann auch die äußere Luft die innere Luft durch dieſe Luke nicht erneuern, ſo daß die Tauben nur Neſter in den obern Taubenzellen bauen, da die übrigen nicht hinreichend gelüftet ſind. Um dieſen Uebelſtänden abzuhelfen, läßt man die Luken weg, und erſetzt ſie durch zwei übereinander ſtehende Fenſter, die, wenn es möglich iſt, nach Süden gerichtet ſind. Das untere Fenſter ſteht mit ſeiner Brüſtung im Niveau des Fußbodens vom Taubenhauſe oder höchſtens einen Fuß darüber. Es kann durch eine hölzerne außer der Ausflugöffnung mit kleinern Löchern verſehene Thür geſchloſſen werden, welche auch für den Taubenwärter dient und mit einem Brett verſehen ſein muß, worauf ſich die Tauben ſetzen, bevor ſie ausfliegen oder nachdem ſie zurückgekehrt ſind. Das obere Fenſter braucht nur ein Ochſenauge zu ſein, das man ganz oben unter dem Dache anbringt. Bei dieſer Einrichtung findet im Innern eine fortwährende Luftſtrömung ſtatt, welche daſſelbe geſund macht, ohne daß es nothwendig iſt, Oeffnungen auf der Nordſeite anzubringen, welche die innere Temperatur abkühlen und die Fruchtbarkeit der Tauben vermindern würden.

Der innere Ausbau erheiſcht eben ſo viel und noch mehr Vorſichtsmaßregeln als das Aeußere. Der Fußboden muß ſo ſolide als möglich mit Flieſen belegt werden, weil hier Ratten am allererſten eindringen können. Zum Verlegen der Flieſen, beſonders an der Mauer, bedient man ſich des Kalkmörtels, der mit geſtoßenem Glaſe gemiſcht iſt.

Was nun die Neſter oder die Zellen betrifft, ſo iſt deren Form und das Material, woraus man ſie herſtellt, nach den lokalen Beſchaffenheiten verſchieden. Bald treibt man Pflöcke in die Fugen der Mauern oder in gebohrte Löcher bei Holzwänden ein, die man mit geſchmeidigen Bandweiden verflechtet, um darauf 8 bis 10 Zoll in □ haltende Fächer für die Tauben zu bilden, die man nachher mit einem Kleiberlehm von Heu mit Mörtel aus Erde und Kalk bekleidet; an andern Orten macht man ſie aus Brettern, die mit Rändern verſehen ſind, oder man ſtellt ſie aus kleinen Weidenkörben her, die an die Mauer gehängt werden; dieſe letzteren ſind aber ſchwer zu reinigen und haben nur eine geringe Dauer. Auch macht man beſondere gebrannte Töpfe, welche die Tauben ſehr lieben, jedoch erheiſcht es viele Vorſicht, ſie nicht mit den Leitern zu zerbrechen, wenn man ſie unterſuchen will. Die beſte Art dürfte die ſein, daß man aus hochkantigen Ziegeln mit Gips Zellen von 8 bis 9 Zoll in □ bildet.

Eine Haupturſache, daß ſich Tauben von ihrem Hauſe entfernen, oder daß ſie darin umkommen, iſt die böſe Ausdünſtung ihres Miſtes, wenn man ihn zu lange liegen läßt. Das Taubenhaus muß daher alle Monate wenigſtens einmal ſorgfältig gereinigt werden und zwar ſowohl mit einem Kratzeiſen als mit einer Bürſte in allen Neſtern; den Unrath muß man dann ſogleich fortſchaffen, was aber ſehr vorſichtig geſchehen muß, damit kein Staub entſteht, der die Eier zu ſtark bedeckt, und daß die in der Brütezeit liegenden nicht erkältet werden. Andere Vorſichtsmaßregeln noch, welche genommen werden müſſen, um das Gedeihen der Taubenzucht zu befördern, gehören rein in das Bereich des Landwirthes und werden folglich hier übergangen.

Das Taubenhaus in Rambouillet mit dem darunter befindlichen Milchhauſe, das wir auf Blatt **630** vor uns ſehen, iſt mit großem Luxus ausgeſtattet. Das Gebäude bildet einen runden Thurm von beiläufig 20 Meter Höhe mit Einſchluß ſeiner Laterne; es ſteht von allen Seiten frei, iſt von Bruchſteinmauerwerk mit Gurten von Ziegeln ausgeführt und ſteht über dem Milchhauſe, von dem ſpäter die Rede ſein wird. Von außen führt eine mit eiſernem Geländer geſicherte Freitreppe dahin. Die Ausflugöffnungen liegen unter dem Dache einander gegenüber, und zwar die eine auf der Morgen-, die andere auf der Abendſeite, und es kann daher von der untern Thür aus eine beſtändige Luft-

Digitized by Google

ſtrömung ſtattfinden. Das Innere beſteht aus einer beträchtlichen Reihenfolge von Höhlungen, die man Taubenzellen nennt und etagenweiſe an den Mauern herumlaufen, worin ſich die Tauben aufhalten. Sie haben beiläufig 0^m 33 in □ und 0^m 40 bis 0^m 48 Tiefe und ſind aus gebrannten Ziegeln geformt. Um zu dieſen Zellen zu gelangen bedient man ſich in der Regel einfacher Leitern; in unſerer Zeichnung iſt eine ſich drehende Leiter mit drei Balkons angebracht, was für die Unterſuchung der Taubenzellen ſehr bequem iſt.

Das unter dem Taubenhauſe befindliche Milchhaus hat bei weitem die Wichtigkeit des erſtern nicht; es iſt ſelbſt unvollſtändig, denn man vermißt bei demſelben den gewöhnlichen gegen Mittag liegenden Raum, in welchem die Käſe getrocknet werden. Eben ſo fehlt ihm ein Brühhaus, was ihm doch um ſo nothwendiger wäre, als ſich das Milchhaus weit weg von dem Backhauſe, dem Waſchhauſe und der Küche befindet, wo die Geräthſchaften gewaſchen werden müſſen; auch liegt die Miſtgrube zu ſehr in der Nähe, was abermals ein Gegenſtand von großem Nachtheile iſt. In anderer Beziehung verdient das Milchhaus unſere Beachtung, denn es iſt von gutem Mauerwerk ausgeführt, iſt gewölbt, liegt zur Hälfte in der Erde, und der Fußboden iſt mit ſchönen Platten gepflaſtert; für das Abtropfen ſind marmorne Tafeln auf Konſolen (nach Fig. 4) aufgeſtellt, und in der Mitte ſteht ein runder Tiſch von Marmor, unter deſſen Fuß ſich die Senkgrube befindet, in welche alle auf den Boden ausgeſchütteten Flüſſigkeiten abziehen. Längs der Mauer dem Eingange gegenüber ſteht eine ſteinerne Tafel in der Höhe der Fenſterbrüſtung, worauf die Milchgefäße geſtellt werden. Schade iſt es, daß dieſem ſchönen Gebäude fließendes Waſſer fehlt.

V. Federviehſtall und Taubenhaus auf einem Gute bei Bondy.

(Hiezu Blatt **651**.)

Das Huhn fürchtet die Kälte, die zu große Hitze, die Feuchtigkeit und die böſen Gerüche; durch die Kälte erſtarrt daſſelbe und das Eierlegen wird verſpätet und vermindert; die zu große Hitze ſchwächt ſie, der Waſſermangel verurſacht ihnen Obſtrukzionen und andere entzündliche Krankheiten; durch feuchte Luft oder feuchte Orte erhalten ſie gichtiſche Zuſtände, und eine verdorbene Luft macht ſie matt und kraftlos. Es müſſen daher die Federviehſtälle geſundheitsmäßig erbaut und unterhalten werden; es muß in ihnen die größte Reinlichkeit herrſchen, der Putz an der Mauer derſelben muß oft mit großer Sorgfalt erneuert werden, den Boden muß man tüchtig pflaſtern oder mit Platten belegen, damit ſich kein Ungeziefer einniſten kann, das den Schlaf der Hühner ſtören würde, beſonders muß man die Ställe dem Eindringen der Marder, Iltiſſe und der Wieſel, den größten Feindinnen des Geflügels, unzugänglich zu machen ſuchen.

Wenn es möglich iſt, ſo muß ein Federviehſtall ein Fenſter auf der Morgenſeite und ein anderes auf der Mittagſeite, ſo wie eine Oeffnung auf der Nordſeite haben, damit man dem Innern im Sommer friſche Luft verſchaffen kann; in der übrigen Zeit des Jahres bleibt dieſe Oeffnung geſchloſſen. Alle dieſe Oeffnungen muß man durch eiſerne Gitter mit engen Maſchen verſchließen, um den erwähnten Thieren den Eingang zu verwehren; die eine oder die andere derſelben kann den Thieren zur Paſſage dienen. Unter allen Umſtänden muß eine kleine Oeffnung zu letzterem Behufe vorhanden ſein, welche man mit einem in einem Falz gehenden Schieber verſchließt; ſie muß ſich in einer Höhe von 5 bis 6 Fuß über dem Boden befinden, und die Hühner fliegen auf einer äußern Leiter zu ihr hinauf.

Das Innere der Federviehſtälle muß mit Hühnerſteigen und Neſtern verſehen ſein; die erſtern ſind runde und glatte in gewiſſer Höhe angebrachte Querſtangen, auf denen die Hühner ſchlafen und ſich dort aufhalten. Man errichtet ſie gewöhnlich auf geneigten Böcken, die man leicht verſetzen und herausnehmen kann, wenn der Stall gereinigt werden ſoll. Die Neſter müſſen vor oder hinter den Hühnerſteigen ſein, damit man bequem zu ihnen gelangen kann. In den ebenerdigen Federviehſtällen werden die Neſter an der Mauer in einer Höhe von 4 bis 5 Fuß über dem Boden befeſtigt, in den übrigen kann dieſe Höhe geringer ſein. Diejenigen, welche an den dunkelſten Stellen ſich befinden, ſind von den Hühnern die geſuchteſten. Es gibt Neſter in der Form von Körben ohne Deckel, die man an einen Nagel der Wand hängt; andere macht man auf Brettern mit einem Rand und mit Scheidewänden von Brettern. Die erſtern ſind vorzüglicher, da ſie ſich leichter reinigen laſſen.

Der Raum über oder unter einem Backofen iſt ſehr zweckmäßig für Hühner zu benutzen, welche brüten ſollen. Das Geflügel, welches man mäſten will, bringt man in eine Art von Spinett, das im Schatten oder

Digitized by Google

ſelbſt im Dunkeln ſteht und von allem Geräuſch entfernt iſt. Dasſelbe gilt von den Bruthühnern.

Zu einem Federviehſtall gehören: eine kleine mit Sand und Aſche angefüllte Grube, in der ſich die Hühner im Sommer wälzen können, um das Ungeziefer, das ſie beißt, von ſich abzuſtreifen; eine andere kleine Grube, in welcher ſich Pferdemiſt befindet, damit die Hühner ſich mit Scharren beluſtigen und ſich auf dieſem leichten Boden bewegen können, denn wenn ſie unthätig ſind, ſo werden ſie träge und hören auf, Eier zu legen; dichte Hecken oder Bäume mit dichtem Laubwerk, damit ſie ſich im Schatten aufhalten und ſich vor Raubvögeln verſtecken mögen; ein Schoppen, in welchem ſie bei Regenwetter und großer Sonnenhitze Zuflucht ſuchen.

Da die Hühner bei Scheunen, Pferdeſtällen u. ſ. w. wo ſie hineingehen, oft läſtig ſind und Schaden verurſachen, ſo legt man auch eigene Hühnerhöfe an, die mit ſehr hohen Mauern umgeben werden; doch gedeihen ſie hier nicht ſo gut.

Truthühner verlangen eine ſehr große Sorgfalt und einen abgeſonderten Stall zu ihrer Zucht. Dieſer Stall muß ſehr reinlich gehalten und die Luft muß täglich erneuert werden. Sind ſie größer geworden, ſo errichtet man eine lange Stange in dem Hühnerhofe, durch welche man in zweifüßigen Entfernungen lange hölzerne Stöcke ſteckt, die ihnen als Leiter dienen. Zu gleichem Zweck legt man auch ein altes Rad auf hohe Pfähle.

Gänſe und Enten ſind leichter zu ziehen, doch erfordern ſie auch einen ſeparirten Stall, der ſtets reinlich gehalten werden muß.

Ein Beiſpiel von einem muſterhaften Federviehſtall ſehen wir auf Blatt **631**, der aber ſchon zu den luxuriöſen Anlagen dieſer Art gehört. Er iſt ganz mit Mauern umſchloſſen. Durch ein auf einer Mauer ſtehendes Gitter tritt man zuerſt in einen Vorhof, an den rechts und links zwei Flügelgebäude grenzen; vor ſich hat man den eigentlichen Hühnerſtall, zu dem man in die Ställe a und b gelangt, welche den Hühnern und Truthühnern beſtimmt und durch einen Gang miteinander und mit dem Entenſtalle c verbunden ſind. Rechts und links daran ſind die Räume d und e, der eine für die Bruthennen, der andere für die in der Maſt befindlichen Thiere in ihren Spinetten. Jeder dieſer verſchiedenen Räume hat zwei Eingänge vom Vorhofe und vom Hühnerhofe aus, der mit Bäumen bepflanzt iſt und auf welchem ſich ein Teich für die Enten befindet, der mit einer Mauer und einem Gitter darüber eingefaßt iſt und an deſſen Ende ein laufender Brunnen mit einem Baſſin ſteht. Mit der ſinnigen Konzepzion der Anlage vereinigt ſich eine verſtändige Anordnung der Details. In Fig. 5 ſehen wir das Profil und den Grundriß der in doppelter Reihe übereinander ſtehenden Maſtkäfige des Geflügels, die auf Gerüſten ſtehen; jede Reihe enthält neun ſolcher Behälter von 16 bis 18 Centim. Breite bei 33 bis 40 Cent. Höhe; durch bewegliche Splinten oder Spindeln werden ſie verſchloſſen. Die Tiefe der Spinetten oder Käfige iſt der Art, daß kein Thier in dem ſeinigen genirt iſt und daß man vor jeden einen kleinen Trog ſtellen kann; an der Hinterwand ſind Oeffnungen angebracht, durch welche die Exkremente der Thiere herunter fallen können. Die Gerüſte, worauf die Spinetten ſtehen, ſind feſt, doch iſt es in Betreff der Reinigung zweckmäßig, wenn ſie beweglich ſind wie die gewöhnlichen Hühnerſteigen. Fig. 3 ſtellt im Grund- und Aufriß die Zellen für legende Hühner dar; ſie ſind von Ziegeln konſtruirt, doch können ſie auch wie bereits erwähnt von Brettern hergeſtellt ſein, oder man hängt Körbe vor die Mauern, die durch ein kleines Dach bedeckt ſind, wie in Fig 4 angegeben iſt. Das Aufhängen dieſer Körbe geſchieht in damenbrettförmiger Ordnung ſowohl wegen der Ruhe der Legehennen als auch wegen des bequemen Ausnehmens. Dieſe Methode mit den Körben, die man nach Belieben herunternehmen und wieder aufhängen kann, iſt jeder ſonſtigen Anordnung vorzuziehen, denn man kann ſie in einem einzigen Augenblicke von den Inſekten reinigen, welche die Neſter beſchädigen und das Geflügel beunruhigen.

Das auf demſelben Gute befindliche und ebenfalls auf Blatt **631** dargeſtellte Taubenhaus ſteht ganz frei und iſt auch vom Boden iſolirt. Eine nähere Erläuterung der Zeichnungen dürfte nicht nothwendig ſein, da wir die allgemeine Einrichtung dieſer Art von Gebäuden bereits angegeben haben. —

L. Mai.

Digitized by Google

Ueber die Berechnung und Absteckung der Schienenwege in Bahnhöfen.

Von Georg Bauer, städtischem Ingenieur in Nördlingen.

(Mit Zeichnungen auf Seite 369.)

Für den sichern Betrieb der Eisenbahnen ist es ein Haupterforderniß, daß die Schienenwege genau abgesteckt und ausgeführt sind. Besonders gilt dieses von den Ausweichungen, Drehscheiben, Verbindungs- und Seitenspuren in den Stazionsplätzen und überall da, wo Kurven mit starken Krümmungen angewendet werden müssen. Man sollte glauben, daß dieser für den Eisenbahnbau so wichtige und so oft wiederkehrende Gegenstand bereits nach allen Seiten hin wissenschaftlich erörtert und für eine bequeme Anwendung in bestimmten Fällen bearbeitet sei; allein die technische Literatur hat hierüber, außer der im Jahrgange 1847 der Eisenbahnzeitung abgedruckten, von dem königl. bayerischen Oberbaurathe Herrn von Pauli verfaßten Instrukzion über das Legen der Ausweichungen auf den bayerischen Staatseisenbahnen, nur spärliche Mittheilungen aufzuweisen und darunter keine, welche die Sache so allgemein darstellt, daß sich daraus die Resultate für alle vorkommenden Fälle ergeben. Der Verfasser dieser Abhandlung war durch seine frühere Beschäftigung bei der königl. bayerischen Eisenbahnbau-Kommission, deren ausgezeichneter Vorstand Herr von Pauli ist, veranlaßt, über diesen Gegenstand vielfach nachzudenken, wenn er die ihm übertragenen Berechnungen von Spurplänen schnell und sicher liefern wollte, und dieses Nachdenken hat zu mancherlei Entwickelungen geführt, deren Resultate für die Eisenbahn-Ingenieure überhaupt und diejenigen insbesondere, welche sich mit Projektirung von Bahnhöfen befassen, Interesse haben dürften, und wäre es auch nur deshalb, weil sie ihnen eine große Zeitersparniß bei ihren Arbeiten gewähren. Diese letztere Rücksicht hat den Verfasser vorzugsweise bestimmt, den an ihn ergangenen Aufforderungen, die entwickelten Formeln und berechneten Tabellen durch den Druck zu veröffentlichen, Genüge zu leisten, wie hiermit geschieht.

Wir theilen diese Abhandlung in drei Abschnitte, wovon der

1. die Dimensionen und das Abstecken der Ausweichungen; der

2. die Anlage der Verbindungsspuren, und der

3. die Geleise, welche zu den Drehscheiben führen, behandelt. Dabei setzen wir die Einrichtung der selbstthätigen oder Zungenwechsel, wie sie im Jahrgange 1847 der Eisenbahnzeitung S. 191 beschrieben wurde, als bekannt voraus und nehmen bei allen folgenden Betrachtungen an, daß die ungeraden Geleise nach Kreisbögen gekrümmt seien.

I. Von der Anlage der Ausweichungen.

Bekanntlich besteht jede Ausweiche aus drei Theilen: dem Wechsel, der Kreuzung und der Ausweichspur.

1. Wechsel. Bei der älteren Art von Wechseln richtet sich die Länge der beweglichen Schienenstücke nach dem Krümmungshalbmesser der Ausweichspur; bei der neueren Art aber, welche wir hier annehmen, ist diese Länge unabhängig von der Krümmung der genannten Spur, indem sich dieselbe für alle Halbmesser der Ausweichkurven gleich bleibt. Es besteht aber ein Unterschied in der Länge beider Zungen, je nachdem der Wechsel ein rechter oder linker ist. Dient nämlich ein Wechsel dazu, einen Zug nach rechts abzulenken, so ist die rechte Zunge länger, und lenkt er ihn nach links ab, die linke.

Bezeichnet in Fig. 1, welche eine Ausweiche mit gewöhnlichem Wechsel vorstellt,

y den Abstand bd der beiden Schienenmittel am Drehungspunkte der beweglichen Stücke,

x die Länge ab des Wechselstranges, auf dem geraden Geleise gemessen, und

r den Krümmungshalbmesser des äußeren Geleises ak der Ausweichspur,

so findet nach den Eigenschaften des Kreises zwischen diesen drei Größen die Beziehung statt:

$$x = \sqrt{y\,(2r - y)} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Da die Länge x sich mit dem Halbmesser r ändert, so folgt von selbst, daß bei den neueren Wechseln, deren bewegliche Theile eine konstante Länge haben, die Zungenspitzen vom Berührungspunkt der Schienenmitten sich um so mehr entfernen müssen, je größer der Halbmesser wird.

Digitized by Google

Was den Werth von y betrifft, ſo hängt er bekanntlich theils von der Beſchaffenheit der Radkränze, welche zwiſchen b und d durchgehen müſſen, theils von der Größe der Schienenprofile ab.

Auf den bayeriſchen Staatseiſenbahnen z. B. iſt $y = 0{,}323'$ bayr. angenommen.

2. Kreuzungen. Die Kreuzungen ſind durch die Winkel α unterſchieden, nach welchen ſich der rechte und linke Strang der beiden Geleiſe einer Ausweiche (Fig. 3) ſchneiden. Dieſe Winkel richten ſich nach dem Halbmeſſer der Ausweichſpur, oder dieſer nach jenen Winkeln. Bei allen großen Bahnen iſt man gewohnt, Kreuzungen von beſtimmten Winkeln anfertigen zu laſſen, welche Halbmeſſer gewähren, die den Bedürfniſſen des Verkehrs auf den Stazionen und Bahnhöfen entſprechen, und drückt in der Regel nicht den Kreuzungswinkel, ſondern deſſen Tangente aus, wenn man eine Kreuzung bezeichnen will.

Dieſe Kreuzungsverhältniſſe bewegen ſich in der Regel zwiſchen $\frac{1}{10}$ und $\frac{1}{7}$ und es iſt z. B. für

$$\text{tg}\,\alpha = \frac{1}{10} \text{ der Winkel } \alpha = 5^\circ\ 42'\ 38''$$

$$\text{tg}\,\alpha = \frac{1}{8{,}5} \quad . \ . \ . \quad \alpha = 6^\circ\ 42'\ 35''$$

$$\text{tg}\,\alpha = \frac{1}{7} \quad . \ . \ . \quad \alpha = 8^\circ\ 7'\ 48''$$

Kleinere Verhältniſſe als $\frac{1}{10}$ läßt man deshalb nicht zu, damit die Kreuzungsſtücke nicht zu ſchwach werden, und größere als $\frac{1}{7}$ darum nicht, weil ſie einen zu kleinen Halbmeſſer der Ausweichkurve bedingen. In der Regel werden ſie ſo vertheilt, daß $\frac{1}{10}$ Kreuzungen überall da gelegt werden, wo ganze Züge durch die Ausweiche gehen, $\frac{1}{8{,}5}$ Kreuzungen aber dahin kommen, wo nur einzelne Lokomotive den Wechſel paſſiren, und endlich $\frac{1}{7}$ Kreuzungen nur da ſtattfinden, wo bloß einzelne Wagen geſchoben werden.

Die Kreuzungsſtücke werden in neuerer Zeit nicht mehr aus Schienenſtücken, welche an der Spitze überplattet ſind, ſondern aus Gußeiſen hergeſtellt. Die Schenkel derſelben ſind gerade und ihre Endpunkte ſind (Fig. 4) von dem Durchſchnitte k ihrer Mittellinien (dem mathemat. Kreuzungspunkte) um eine gewiſſe Länge $k = mk = m, k,$ entfernt. In Bayern iſt $mk = m, k = 3{,}5'$ und ſomit die Gerade $mm = m, m, = 7'$ bayr. Da die Kreuzungsſtücke aus leicht begreiflichen Gründen nicht in mathematiſche Spitzen auslaufen können, ſo ſtehen ihre abgeſtumpften Spitzen von den letzteren um eine gewiſſe Größe c ab, welche bei kleineren Kreuzungsverhältniſſen etwas mehr und bei größeren etwas weniger beträgt. Auf den bayeriſchen Bahnen z. B. iſt für $\text{tg}\,\alpha = \frac{1}{10}$ die Länge $c = 1{,}6'$, für $\text{tg}\,\alpha = \frac{1}{8{,}5}$ die Länge $c = 1{,}4'$ und für $\text{tg}\,\alpha = \frac{1}{7}$ die Länge $c = 1{,}2'$ angenommen.

3. Ausweichſpuren. Die Ausweichſpur wird nach einem Halbmeſſer angelegt, der von dem Kreuzungswinkel und der Spurweite der Bahn abhängt, denn es muß die Mittellinie des äußeren Geleiſes der Kurve einerſeits die Mittellinie des einen Hauptgeleiſes in dem Punkte b der Fig. 4, und anderſeits die Mittellinie des geraden Kreuzungsſchenkels in ihrem Endpunkte m berühren.

Bei der Beſtimmung des fraglichen Krümmungshalbmeſſers können verſchiedene Fälle vorkommen, die wir zunächſt überſehen wollen. Es kann nämlich an der Stelle der Ausweiche

A. Die Hauptſpur gerade ſein, oder

B. in einer Kurve liegen, oder

C. aus einer geraden und einer Kurve beſtehen.

In dem zweiten Falle (B) kann ſich die Kreuzung

a) auf der konvexen, oder

b) auf der konkaven Seite der Hauptſpur befinden.

Und in dem dritten Falle (C) kann die Kreuzung

a) im geraden Theile des Hauptgeleiſes liegen und die Hauptkurve ſich nach der Seite der Kreuzung neigen; oder es kann die Kreuzung

b) wieder im geraden Theile des Hauptgeleiſes liegen, die Hauptkurve aber von der Kreuzung ſich abwenden, oder endlich es kann die Kreuzung

c) in dem gekrümmten Theile des Hauptgeleiſes, und der Kreuzungspunkt

α) auf der konkaven, oder

β) auf der konveren Seite der Spur liegen.

In allen Abtheilungen dieſes dritten Falles kann entweder der Kreuzungspunkt oder der Berührungspunkt

Digitized by Google

gegeben und danach das Uebrige zu beſtimmen ſein. Wir wollen nunmehr die einzelnen Fälle durchgehen.

A. Die Hauptſpur der Ausweiche iſt gerade.

1. Um den Halbmeſſer r des äußern Schienenſtrangs der Ausweichkurve zu finden, denke man ſich in Fig. 4 die Linie m c parallel zu k b, und ſetze wie auch ſpäter immer geſchehen ſoll, den Abſtand der Schienenmitten eines Geleiſes = a, während wie früher m k = m, k = k beibehalten wird: ſo iſt in der genannten Figur

$$b c = a - b, \quad c = a - k \sin \alpha = r (1 - \cos \alpha)$$

und hieraus der geſuchte Halbmeſſer

$$r = \frac{a - k \sin \alpha}{1 - \cos \alpha} \quad \ldots \quad (2)$$

Setzt man $a - k \sin \alpha = a_1$ und

$$1 - \cos \alpha = 2 \sin^2 \frac{1}{2} \alpha,$$

ſo geht die Gleichung (2) in folgende über:

$$r = \frac{a_1}{2 \sin^2 \frac{1}{2} \alpha} \quad \ldots \quad (2')$$

welche für die Rechnung mit Logarithmen bequemer iſt.

Der Achſenhalbmeſſer r_0 der Ausweichſpur iſt ſelbſtverſtändlich um $\frac{1}{2}$ a kleiner als r, daher

$$r_0 = r - \frac{1}{2} a \quad \ldots \quad (2'')$$

Benützt man dieſe Ausdrücke zur Berechnung der Krümmungshalbmeſſer r und r_0 in den drei ſpeciellen Fällen, wo tg α ſucceſſive $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{8,5}$ und $\frac{1}{7}$ iſt; nimmt man dabei die Spurweite = 4 Fuß 8½ Zoll engliſch = 4,916′ bayr. und nach Maßgabe des Schienenprofils der bayeriſchen Staatsbahnen den Abſtand a = 5,125′ bayr. an, ſo wird für

tg $\alpha = \frac{1}{10}$ . . r = 962,51′ und r_0 = 959,95′ bayr.

tg $\alpha = \frac{1}{8,5}$ . . r = 688,55′ und r_0 = 685,98′ „

tg $\alpha = \frac{1}{7}$ . . r = 460,67′ und r_0 = 458,10′ „

2. Bezeichnet man den Abſtand b, k des Kreuzungspunktes k vom Berührungspunkte b, mit d, ſo iſt unmittelbar aus der Fig. 4, da weiter oben ſchon die Linie m k = k geſetzt wurde,

$$d = c m + m k \cdot \cos \alpha = r \sin \alpha + k \cos \alpha \quad \ldots \quad (3)$$

und daher in den vorhin bezeichneten ſpeciellen Fällen, wo k = 3,5′ bayr. iſt, für

tg $\alpha = \frac{1}{10}$ . . . . d = 99,256′ bayr.

tg $\alpha = \frac{1}{8,5}$ . . . . d = 83,928′ „

tg $\alpha = \frac{1}{7}$ . . . . d = 68,613′ „

Da es beim Abſtecken der Wechſel und beim Schienenlegen zu umſtändlich wäre dieſe Längen aufzutragen, indem man den Durchſchnitt der Mittellinien des Kreuzungsſtückes aufſuchen müßte, ſo trägt man am paſſendſten nur die Entfernung e des Drehungspunkts der Zungen von der abgeplatteten Spitze der Kreuzung auf. Es iſt aber im Allgemeinen

$$e = d - x - c \quad \ldots \quad (3')$$

und daher in den drei beſonderen Fällen, welche wir hier angenommen haben, für

tg $\alpha = \frac{1}{10}$ . . . . e = 74,74′ bayr.

tg $\alpha = \frac{1}{8,5}$ . . . . e = 61,46′ „

tg $\alpha = \frac{1}{7}$ . . . . e = 50,17′ „

3. Will man die Reſultate für den Fall, daß keine geraden Kreuzungsſtücke in Anwendung kommen, ſo darf man nur in ſämmtlichen vorhergehenden Ausdrücken k = o ſetzen. Man erhält alsdann

$$r = \frac{a}{1 - \cos \alpha} = \frac{a}{2 \sin^2 \frac{1}{2} \alpha} \quad \ldots \quad (4)$$

$$r_0 = r - \frac{1}{2} a = \frac{1}{2} a \cot^2 \frac{1}{2} \alpha \quad \ldots \quad (5)$$

$$d = r \sin \alpha = a \cot \frac{1}{2} \alpha \quad \ldots \quad (6)$$

und kann ſich hieraus leicht die erforderlichen Zahlenwerthe berechnen.

B. Das Hauptgeleiſe der Ausweiche liegt in einer Kurve.

1. Wird in Fig. 5 a und 5 b durch A B das Haupt- und durch C D das Ausweichgeleiſe vorgeſtellt, ſo erkennt man leicht, daß hier die beiden Schenkel k m und k m, des Kreuzungsſtückes in Rechnung kommen müſſen. Zu dem Ende hat man zunächſt in der Hauptſpur ein Stück von der Länge 2 k an geeigneter Stelle einzuſchalten.

Soll in den Bogen a b der Fig. 6, welcher ein Ge-

Digitized by Google

leiſe vorſtellt, die Gerade $mn = 2k$ ſo eingetragen werden, daß ſie mit ihrer Mitte denſelben in k berührt, ſo denke man ſich zunächſt die Tangenten at und bt_1 gezogen und die Gerade mn nach beiden Seiten hin ſo weit verlängert, bis ſie jene beiden Tangenten in t und t_1 trifft. Alsdann iſt $at = tk$ und $bt_1 = t_1k$. Trägt man nun $aa_1 = (mk) = k$ und $bb_1 = (nk) = k$ ab und zeichnet einen Bogen, der die erſteren Tangenten in den Punkten a_1 und m, und einen zweiten, der die anderen Tangenten in n und b_1 berührt, ſo bildet die Linie aa_1mnb_1b das veränderte Geleiſe der Hauptſpur, in welcher die Gerade 2k eingeſchaltet iſt.

Es bedarf kaum der Erinnerung, daß hiebei a und b irgend zwei Punkte der gegebenen Kurve ab ſein können, und nicht gerade deren Endpunkte zu ſein brauchen.

Bezeichnet man mit

R den Halbmeſſer des Bogens ab und mit

ϱ den Halbmeſſer des Bogens a_1m, ſo verhält ſich

$$R : \varrho = (tk) : (tk - mk)$$

und hieraus folgt, wenn man $(tk) = t_1$ und $(mk) = k$ ſetzt,

$$\varrho = \frac{R(t_1 - k)}{t_1} \quad \ldots\ldots (7)$$

Setzt man in dem Ausdrucke für ϱ ſtatt t_1 die Länge der Tangente t_1k und $bt_1 = t_2$ ein, ſo erhält man den Halbmeſſer des Bogens nb.

2. Nach dieſer Vorbereitung kann man zur Berechnung der Ausweiche ſchreiten, wobei, wie bereits oben erwähnt wurde, zwei Fälle zu unterſcheiden ſind, welche wir mit a und b bezeichnet haben.

a. Die Kreuzung liegt auf der konvexen Seite des Hauptgeleiſes. Fig. 7.

1. Iſt AB der äußere Strang der Hauptſpur, b_1D jener der Ausweichſpur, und k der Schnittpunkt beider Stränge, ſo legt man der einfachern Rechnung wegen durch den Punkt m den Bogen mc koncentriſch zu m_1b. Der Halbmeſſer dieſes Bogens iſt dann nahezu $= \varrho - k \sin \alpha$, wenn ϱ der Halbmeſſer von m_1b iſt. Es iſt nun vorerſt folgende Aufgabe zu löſen:

In Fig. 8 iſt ein Kreis mcfh von dem Halbmeſſer $\varrho_1 = \varrho - k \sin \alpha$ gegeben. Auf einem Durchmeſſer o_1c desſelben befindet ſich ein Punkt b_1 von der Beſchaffenheit, daß $b_1c = a - k \sin \alpha = a_1$ iſt. Es ſoll ein zweiter Kreis geſucht werden, der ſeinen Mittelpunkt o_2 im verlängerten Durchmeſſer o_1c hat, und deſſen Peripherie durch den Punkt b_1 ſo geht, daß ſie den erſten Kreis unter einem gegebenen Winkel α ſchneidet*).

Denkt man ſich behufs der Löſung dieſer Aufgabe auf der Centrallinie o_1o_2 die Senkrechte b_1f errichtet, durch die Punkte d und f einen Kreis gelegt, deſſen Mittelpunkt in der Centralen liegt, hierauf in dem Schnittpunkte g dieſes Kreiſes die Senkrechte gh errichtet und endlich ho_1 gezogen, ſo iſt der Winkel ho_1g dem gegebenen Winkel α gleich.

Denn zieht man die Geraden mc und mb_1, ſo iſt $\angle\, cmb_1 = \frac{1}{2}\alpha$. Wird die Linie mb_1 verlängert, bis ſie den zweiten Kreis in einem Punkte h ſchneidet, ſo iſt auch der Peripheriewinkel $cmh = \frac{1}{2}\alpha$, und dann der dazu gehörige Centriwinkel $co_1h = \alpha$. Fällt man nun auf o_1d die Senkrechte hg und zieht die Gerade md, ſo erhält man die zwei ähnlichen Dreiecke b_1hg und b_1dm und hat daher $(gb_1)(b_1d) = (hb_1)(b_1m)$. Wird aber auf o_1d die Senkrechte b_1f errichtet, ſo iſt auch $(b_1f)^2 = (hb_1)(b_1m)$, und folglich auch $(b_1f)^2 = (gb_1)(b_1d)$; d. h. die drei Punkte g, f, d liegen in einem Kreiſe, deſſen Mittelpunkt ſich in der Centrallinie id befindet.

2) Nachdem nun $ho_1g = \alpha$ iſt, ſo iſt $o_1g = \varrho_1 \cos \alpha$, und weil $b_1c = a - k \sin \alpha = a_1$ iſt, ſo wird

$$b_1g = \varrho_1 - \varrho_1 \cos \alpha - a_1 = \varrho_1 (1 - \cos \alpha) - a_1.$$

Weiter hat man

$$(b_1g)(b_1d) = (b_1f)^2 \text{ und } (b_1i)(b_1c) = (b_1f)^2;$$

folglich auch $(b_1g)(b_1d) = (b_1i)(b_1c)$ oder

$$2\varrho_2 = (b_1d) = \frac{(b_1i)(b_1c)}{(b_1g)} = \frac{a_1(2\varrho_1 - a_1)}{\varrho_1(1 - \cos\alpha) - a_1} \quad \ldots (8)$$

Will man hieraus $2\varrho_2$ numeriſch berechnen, ſo bedient man ſich am beſten der Gauß'ſchen Logarithmentafeln für Summen und Differenzen, indem man erſt die Logarithmen der beiden Glieder des Nenners berechnet, und dann den Logarithmus ihrer Differenz beſtimmt.

---

*) Dieſe Aufgabe, welche ſich dem Verfaſſer dieſes Aufſatzes bei ſeinen Eingangs erwähnten Arbeiten von ſelbſt darſtellte, hat, wie leicht zu errathen, auch für die reine Geometrie einen Werth, in ſo ferne ſich die einfache Löſung, welche folgt, mit großem Erfolg da anwenden läßt, wo man Kreiſe zu konſtruiren hat, die ſich unter gegebenen Winkeln ſchneiden ſollen. Der Verfaſſer glaubte die Richtigkeit der Auflöſung beweiſen zu müſſen, da ſie ſeines Wiſſens neu iſt.

Digitized by Google

Für die bisher ſchon öfter erwähnten drei ſpeciellen Fälle gilt folgendes Täfelchen:

Kreuzungs-Verhältniß	Werthe für a,	Werthe für 1 — cos α	log a,	log (1 — cos α)
$\operatorname{tg}\alpha = \frac{1}{10}$	4,7767369	0,0049628	0,6791313	0,6957268—3
$\operatorname{tg}\alpha = \frac{1}{8,5}$	4,7160559	0,0068493	0,6735789	0,8356462—3
$\operatorname{tg}\alpha = \frac{1}{7}$	4,6300264	0,0100507	0,6655835	0,0021963—2

Für ſolche Fälle, wo ϱ_1 bedeutend größer iſt als $a_1 : (1 - \cos\alpha)$ und wobei dieſer Quozient dem Werthe des Halbmeſſers r aus Gl. (2) entſpricht, läßt ſich der Werth von ϱ_2 bequemer durch folgende Reihe berechnen, deren Herleitung nicht ſchwer iſt:

$$\varrho_2 = r + \varrho_1 \sin^2\frac{1}{2}\alpha\left[\left(\frac{r}{\varrho_1}\right)^2 + \left(\frac{r}{\varrho_1}\right)^3 + \left(\frac{r}{\varrho_1}\right)^4 + \ldots\right] \ldots (9)$$

In dieſer Reihe kann ϱ_1 nie kleiner werden als r, und für $\varrho_1 = r$ wird $\varrho_2 = \infty$. In den bekannten drei ſpeciellen Fällen wird die Ausrechnung von ϱ_2 durch folgende Tabelle erleichtert.

Kreuzungs-Verhältniß	Werth von r	log r	$\log \sin^2\frac{1}{2}\alpha$
$\operatorname{tg}\alpha = \frac{1}{10}$	962,51	2,9834055	0,3946968—3
$\operatorname{tg}\alpha = \frac{1}{8,5}$	688,55	2,8379327	0,5346162—3
$\operatorname{tg}\alpha = \frac{1}{7}$	460,67	2,6633872	0,7011663—3

3. Hat man den Halbmeſſer ϱ_2 gefunden, ſo ſucht man die Entfernung des Punktes k von der Linie b b_1, welche die Berührungspunkte verbindet. Dieſe iſt gleich der Senkrechten m p plus der Projekzion des Stückes (m k) = k auf die Richtung dieſer Senkrechten. Zieht man in Fig. 8 den Halbmeſſer o_1 m über m hinaus, fällt auf ihn die Senkrechte o_2 l und denkt ſich den Halbmeſſer o_2 m, ſo iſt $\angle o_2 m l = \alpha$, woraus ſich $o_2 l = \varrho_2 \sin\alpha$ ergibt. Bezeichnet man den Winkel $c o_1 m$ mit β, ſo iſt

$$\sin\beta = \frac{o_2 l}{o_1 o_2} = \frac{\varrho_2 \sin\alpha}{\varrho_1 + \varrho_2 - a_1} \ldots (10)$$

und deshalb auch

$$m p = \varrho_1 \sin\beta = \frac{\varrho_1 \varrho_2 \sin\alpha}{\varrho_1 + \varrho_2 - a_1} \ldots (11)$$

Wollte man den Winkel β haben, ehe der Halbmeſſer ϱ_2 geſucht iſt, ſo dient dazu folgende Gleichung, welche ſich aus der letzten ergibt, wenn der Werth ϱ_2 ſubſtituirt wird.

$$\sin\beta = \frac{a_1 (2\varrho_1 - a_1)\sin\alpha}{2\varrho_1 (1 - \cos\alpha)(\varrho_1 - a_1) - a_1^2} \ldots (10')$$

demnach auch

$$m p = \varrho_1 \sin\beta = \frac{a_1 \varrho_1 (2\varrho_1 - a_1)\sin\alpha}{2\varrho_1 (1 - \cos\alpha)(\varrho_1 - a_1) - a_1^2} \ldots (11')$$

Iſt nun die Länge m p gefunden, ſo hat man noch die Projekzion von m k auf die Richtung von m p zu addiren. Der Winkel, den dieſe beiden Richtungen bilden, iſt $= \alpha - \beta$, wobei $\sin\beta$ den oben angegebenen Werth hat. Die Entfernung des Berührungspunktes vom Kreuzungspunkt iſt daher gleich

$$l = \varrho_1 \sin\beta + k \cos(\alpha - \beta) \ldots . (12)$$

Sind ϱ_1 und ϱ_2 nicht bedeutend voneinander verſchieden, ſo kann man ohne merkbaren Fehler auch

$$l = \varrho_1 \sin\beta + k \cos\frac{1}{2}\alpha \ldots . (12')$$

ſetzen; iſt aber ϱ_1 bedeutend größer als ϱ_2, ſo gibt

$$l = \varrho_1 \sin\beta + k \ldots . (12'')$$

einen Werth, der an Genauigkeit nichts zu wünſchen übrig läßt; nnd wenn endlich ϱ_1 viel kleiner als ϱ_2 iſt, ſo iſt es am beſten

$$l = \varrho_1 \sin\beta + k \cos\alpha \ldots . (12''')$$

zu nehmen.

Beſtimmt man k cos α für den größten Werth von α aus $\operatorname{tg}\alpha = \frac{1}{7}$, ſo findet man, da k = 3,5′ iſt, k cos α = 3,465′; und zieht man dieſen Werth von 3,5′ ab, ſo wird k — k cos α = 0,035′ = 3,5 Linien = dem größten Fehler, den man in der Beſtimmung der Länge l begehen kann, wenn man ſtatt der Ausdrücke (12) bis (12‴) durchweg nur $\varrho_1 \sin\beta + k$ ſetzen wollte.

Digitized by Google

4. Zur Abſteckung der Weichen iſt noch nöthig, daß wir die Entfernung x des Drehungspunktes d der Wechſelzunge von dem Berührungspunkte b kennen. Dieſer Drehpunkt muß ſo gewählt werden, daß bei ihm die Schienen ſo weit voneinander abſtehen als nöthig iſt, für das Durchgehen der Spurkränze der Wagenräder. In Gleichung (1) iſt dieſer Abſtand von Mitte zu Mitte der Schienen gemeſſen mit y bezeichnet. Im gegenwärtigen Falle erhält man zwiſchen der Entfernung x, dem Abſtand y und den beiden Halbmeſſern ϱ_1 und ϱ_2 folgende leicht herzuſtellende Gleichung:

$$y = \varrho_1 - \sqrt{\varrho_1^2 - x^2} + \varrho_2 - \sqrt{\varrho_2^2 - x^2}$$

und hieraus, wenn man $y\,(\varrho_1 + \varrho_2 - \frac{1}{2}y) = C$ ſetzt,

$$x = \sqrt{\frac{(2\varrho_1\varrho_2 - C)\,C}{(\varrho_1 - \varrho_2)^2 - 2C}} \quad \ldots\ldots\ldots (13)$$

Mit Hilfe dieſes Ausdruckes iſt es leicht, die Entfernung der abgeplatteten Kreuzungsſpitze von dem Drehungspunkt d zu finden.

b. Die Kreuzung liegt auf der konkaven Seite des Hauptgeleiſes.

Fig. 9. 1. Denkt man ſich durch den Punkt m einen koncentriſchen Kreis m c mit den Schienen des Hauptgeleiſes gezogen, und bezeichnet den gefundenen Halbmeſſer des inneren Stranges mit ϱ, ſo iſt der zu dem Bogen m c gehörende Halbmeſſer bis auf ein unmerklich Geringes $= \varrho_1 = \varrho + k \sin\alpha$ und $b c = a_1 = a - k \sin\alpha$. Setzt man ferner den Halbmeſſer des Weichengeleiſes $b m = \varrho_2$, ſo kann man durch ähnliche geometriſche Betrachtungen, wie wir unter der Abtheilung (a) angeſtellt haben, die erforderlichen Reſultate herleiten. Kürzer erreicht man aber dieſes Ziel, wenn man in die Ausdrücke des genannten Abſchnittes $-\varrho_1$ für $+\varrho_1$ ſetzt, wobei alſo $-\varrho_1 = -\varrho - k \sin\alpha$ iſt. Man erhält dadurch

$$2\varrho_2 = \frac{a_1(2\varrho_1 + a_1)}{\varrho_1(1 - \cos\alpha) + a_1} \quad \ldots\ldots (14)$$

$$m p = \varrho_1 \sin\beta = \frac{\varrho_1\varrho_2 \sin\alpha}{\varrho_1 + \varrho_2 + a_1} \quad \ldots\ldots (15)$$

und wenn man den Winkel β und die Länge m p ſchon vor ϱ_2 finden wollte:

$$m p = \varrho_1 \sin\beta = \frac{a_1\varrho_1(2\varrho_1 + a_1)\sin\alpha}{2\varrho_1(a_1 + \varrho_1)(1 - \cos\alpha) + a_1^2} \quad (16)$$

Für a_1, $\sin\alpha$, $1 - \cos\alpha$ und deren Logarithmen gelten hier dieſelben Zahlenwerthe, welche für die bekannten drei beſondern Fälle in der Tabelle auf Seite 357 zuſammengeſtellt ſind. Der Ausdruck (16) wird am ſchnellſten ausgewerthet, wenn man mit Hilfe der Gauß'ſchen Logarithmen aus den Logarithmen der zwei Summanden den Logarithmus der Summe ſucht.

Wird ϱ_1 ſehr groß und ſetzt man $r_0 = a_1 : 2 \sin \frac{1}{2}\alpha$, ſo kann folgende Reihe zur Berechnung von mp $= \varrho_1 \sin\beta$ angewendet werden:

$$m p = \varrho_1 \sin\beta = \frac{2\varrho_1 + a_1}{2(\varrho_1 + a_1)} \cdot \frac{a_1}{\lg\frac{1}{2}\alpha}$$

$$\times \left[1 - \frac{r_0^2}{\varrho_1(\varrho_1 + a_1)} + \frac{r_0^4}{\varrho_1^2(\varrho_1 + a_1)^2} - \ldots\right]. \quad (17)$$

Für die nachfolgenden Kreuzungsverhältniſſe haben die weſentlichſten Glieder dieſer Reihe folgende Werthe:

Kreuzungs-Verhältniſſe	$\frac{a_1}{\lg\frac{1}{2}\alpha}$	$\log\frac{a_1}{\lg\frac{1}{2}\alpha}$	r_0^2	$\log r_0^2$
$\operatorname{tg}\alpha = \frac{1}{10}$	95,7734	1,9812448	1975,8373	3,2957512
$\operatorname{tg}\alpha = \frac{1}{8,5}$	80,4523	1,9055384	1292,0577	3,1112818
$\operatorname{tg}\alpha = \frac{1}{7}$	65,1480	1,8139012	850,6200	2,9297355

Die Werthe für a_1 ſind ſchon weiter oben angegeben.

Um die Entfernung des Kreuzungspunktes k vom Berührungspunkte b hinreichend genau zu erlangen, hat man zur Länge mp noch die Länge $k \cos(\alpha + \beta)$ zu addiren. Dafür kann aber auch wegen des unmerklichen Unterſchiedes, der daraus folgt, bloß $k \cos\alpha$ genommen werden.

2. Endlich iſt noch die Entfernung des Drehungspunktes der Weichenzungen vom Berührungspunkt b anzugeben.

Dazu dient, wie leicht einzuſehen, die Gleichung

$$y = \varrho_1 - \sqrt{\varrho_1^2 - x^2} + \varrho_2 - \sqrt{\varrho_2^2 - x^2}$$

in welcher die Größen y, x, ϱ_1, ϱ_2 dieſelbe Bedeutung haben wie früher in dem ähnlichen Falle unter lit. a Nr. 4. Aus dieſer Gleichung folgt

$$x = \sqrt{\frac{(2\varrho_1\varrho_2 - c_1)\,c_1}{(\varrho_1 - \varrho_2)^2 + 2c_1}} \quad \ldots\ldots (18)$$

wenn $y(\varrho_1 - \varrho_2 + \frac{1}{2}y) = c_1$ geſetzt wird. Auch dieſer Ausdruck ergibt ſich aus dem ähnlichen des vorhergehenden Abſatzes, wenn $-\varrho_1$ für $+\varrho_1$ geſetzt wird.

C. Das Hauptgeleiſe iſt an dem Ort der Ausweiche theils gerade, theils gebogen.

Hier ſind die im Eingange aufgezählten drei Fälle

Digitized by Google

zu unterſcheiden: ob die Kreuzung in den geraden Theil des Hauptgeleiſes oder in die Kurve desſelben zu liegen kommt und ob ſich die Hauptkurve auf die eine oder andere Seite der Kreuzung neigt. Wir gehen ſofort zur Betrachtung des erſten Falles über.

a. Die Kreuzung liegt im geraden Theile des Hauptgeleiſes und die Hauptkurve neigt ſich nach der Seite der Kreuzung.

Bei den hierauf bezüglichen Aufgaben iſt ſtets einer der beiden Punkte k oder b gegeben und es iſt alles Uebrige danach zu beſtimmen. Nehmen wir zunächſt an, es ſei

α) der Kreuzungspunkt k gegeben.

Fig. 10. Man denke ſich zunächſt den Kreis des äußeren Geleiſes der Hauptſpur von o rückwärts nach r verlängert und die Gerade mn nach beiden Richtungen hin ſo weit fortgezogen, bis ſie jenen Kreis trifft, alſo zu einer Sekante desſelben wird. Ermittelt man nun, in welchem Punkte s dieſe Sekante den Kreis ſchneidet, ſo läßt ſich daraus leicht die Länge der Sekante und ihr Pfeil berechnen. Zur Auffindung dieſes Punktes s nimmt man das rechtwinkelige Koordinatenſyſtem ox, oy zu Hilfe.

Die Gleichung des Kreiſes vom Halbmeſſer R iſt

$$y = R - \sqrt{R^2 - x^2}$$

und der Geraden mn, wenn $kl = D$ geſetzt wird:

$$y = x \operatorname{tg} \alpha + (a - D \operatorname{tg} \alpha).$$

Demnach iſt auch

$$R - \sqrt{R^2 - x^2} = x \operatorname{tg} \alpha + a - D \operatorname{tg} \alpha$$

und, wenn man $R - a + D \operatorname{tg} \alpha = N$ ſetzt:

$$x = \left(N \sin \alpha - \sqrt{R^2 - N^2 \cos^2 \alpha}\right) \cos \alpha \quad . . \quad (19)$$

Kennt man x, ſo iſt aus $x = R \sin \beta$ der Winkel β und demnach auch $\alpha + \beta$ oder derjenige Winkel bekannt, unter welchem die verlängerte Linie mn den Kreis ſchneidet. Daraus ergibt ſich die Länge der Sekante $= 2R \sin (\alpha + \beta)$ und die Größe ihres Pfeils $= R [1 - \cos (\alpha + \beta)]$.

Um den Kreis mb zu finden, iſt weiter noch nöthig, daß man die Entfernung des Punktes m vom Mittelpunkte der Sekante beſtimmt. Dazu hat man die Gleichungen

$$m t = \frac{s_1}{\sin \alpha} \text{ und } h t = h o_1 + o_1 t = R \sin \alpha + (a \cot \alpha - D) \cos \alpha.$$

Die Entfernung des Punktes m vom Mittelpunkt der Sekante iſt daher $= ht - mt$ und wenn man die oben angegebenen Werthe ſubſtituirt und $s_1 = a - k \sin \alpha$ ſetzt,

$$ht - mt = (R - a) \sin \alpha - D \cos \alpha + k \quad . . . \quad (20)$$

Zieht man nun die Halbmeſſer pc, bc, mc_1, ſo iſt $cc_1 = R - r$, und fällt man $c_1 f$ ſenkrecht auf pc und denkt ſich den Bogen $c_1 g$ hergeſtellt, ſo iſt $fg = p = r [1 - \cos (\alpha + \beta)]$ und $fc = R - r - p$. Da nun auch $fc_1 = hm$ iſt, ſo hat man, wenn die Länge hm mit b bezeichnet wird, $(R - r)^2 = b^2 + (R - r - p)^2$, woraus folgt

$$2r = 2R - p - \frac{b^2}{p} \quad . . . . . \quad (21)$$

Der Winkel γ ergibt ſich aus dem Dreiecke $cc_1 f$ mittelſt der Gleichung

$$\sin \gamma = \frac{b}{R - r} \quad . . . . . \quad (22)$$

und, indem man hieraus γ ſucht, findet man die Länge

$$mb = 2r \sin \tfrac{1}{2} \gamma \quad . . . . . \quad (23)$$

Hat man einmal den Punkt b und den Halbmeſſer r, ſo iſt die Ausweiche leicht zu legen. Die Entfernung der Drehungspunkte der Wechſelzunge vom Berührungspunkte b findet man mittelſt der Gleichung (18), wenn man in ihr R ſtatt ϱ_1, r ſtatt ϱ_2 und $C_1 = y (R - r + \tfrac{1}{2} y)$ ſetzt. Es wird alsdann

$$x = \sqrt{\frac{(2rR - C_1) C_1}{(R - r)^2 + 2C_1}} \quad . . . . . \quad (24)$$

Dieſer Ausdruck für x iſt aber nur ſo lange brauchbar als der Punkt d innerhalb des gebogenen Theils der Hauptſpur zu liegen kommt. Fällt er aber in das gerade Stück derſelben, ſo muß man hiefür eine eigene Formel entwickeln, wie ſofort geſchehen ſoll.

Fig. 10 a. Sind die Linien bv und ot die Tangenten für die Endpunkte des Bogens ob, ſo iſt $ot = ob = R \operatorname{tg} \tfrac{1}{2} \varphi$. Bezeichnet man dieſe Länge mit t, ſo wird die auf der Tangente bv ſenkrecht ſtehende Linie $d_1 v = (v t) \operatorname{tg} \varphi = (x - t) \operatorname{tg} \varphi$ und $dv = r - \sqrt{r^2 - x^2}$.

Daher bekommt man die Gleichung

$$y = r - \sqrt{r^2 - x^2} - (x - t) \operatorname{tg} \varphi$$

woraus

$$(24') \ . . \ x = \frac{(r - y + t \operatorname{tg} \varphi) \operatorname{tg} \varphi + \sqrt{r^2 (1 + \operatorname{tg}^2 \varphi) - (r - y + t \operatorname{tg} \varphi)^2}}{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi}$$

folgt; eine Gleichung, welche für $\varphi = o$ in $x = \sqrt{y (2r - y)}$ d. h. in die Gleichung (1) übergeht.

Digitized by Google

Nunmehr ſei

β) der Berührungspunkt b gegeben.

Fig. 10. In dieſem Falle iſt der Winkel $bco = \varphi$ ebenfalls bekannt. Der zu ſuchende Kreisbogen mb, welcher die Mittellinie des äußern Weichengeleiſes vorſtellt, muß die Gerade mq in dem zu ſuchenden Punkte m, unter dem Winkel α ſchneiden und den gegebenen Kreis ob im gegebenen Punkte b berühren. Fällt man auf die verlängerte Gerade mq die Senkrechte bi und den ſenkrechten Halbmeſſer $c_1 s_1$, ſo iſt

$$s_1 = oq = R(1 - \cos\varphi) + (bi)$$

woraus folgt $(bi) = s_1 - R(1 - \cos\varphi)$.

Ferner iſt

$(s_1 v_1) = r(1 - \cos\alpha)$ und $= (bi) + r(1 - \cos\varphi)$; daher auch

$r(1 - \cos\alpha) = s_1 - R(1 - \cos\varphi) + r(1 - \cos\varphi)$,

und hieraus $r = \frac{s_1 - R(1 - \cos\varphi)}{\cos\varphi - \cos\alpha}$ . . . . . (25)

Endlich hat man die Länge

$(mb) = 2r \sin\frac{1}{2}\gamma = 2r \sin\frac{1}{2}(\alpha + \varphi)$ . . (26)

Kann man den Punkt m angeben, ſo findet ſich auch der Punkt k; denn er liegt im Geleiſe um $k \cos\alpha$ in der Richtung der geraden Hauptſpur vorwärts.

Die Entfernung des Drehpunktes d der Wechſelzunge vom Berührungspunkte b ſucht man nach der Gleichung (24) oder (24'), indem man darin die Werthe für R und r, wie ſie in dem vorliegenden Falle beſtimmt ſind, einſetzt.

b) Die Kreuzung liegt im geraden Theile des Hauptgeleiſes, die Hauptkurve wendet ſich aber von der Seite der Kreuzung ab.

Es treten auch hier wie bei (a) die zwei Fälle ein, daß entweder der Kreuzungs- oder der Berührungspunkt gegeben iſt.

α) Der Kreuzungspunkt k (Fig. 11) iſt gegeben.

Man findet hier, ähnlich wie unter lit. (a, α), für den Durchſchnitt des konkaven Geleiſes der Hauptſpur mit der verlängerten Linie mk folgende Gleichung:

$$r - \sqrt{r^2 - x^2} = x \operatorname{tg}\alpha - (a - D \operatorname{tg}\alpha)$$

und hieraus, wenn man $r + a - D \operatorname{tg}\alpha = W$ ſetzt,

$$x = \left(W \sin\alpha - \sqrt{r^2 - W\cos^2\alpha}\right)\cos\alpha \; . \; . \; (27)$$

Zur Beſtimmung von β hat man $x = r \sin\beta$, und $\alpha - \beta$ iſt der Winkel, unter welchem ſich die Gerade und der Kreis ſchneiden. Daher iſt auch die Länge der Sekante $= 2r \sin(\alpha - \beta)$ und der zugehörige Pfeil $= r[1 - \cos(\alpha - \beta)]$.

Die Entfernung des Punktes m vom Mittelpunkte der Sekante iſt mh. Nun iſt aber $ho_1 - o_1 t = ht$ oder $r \sin\alpha - (a \cot\alpha - D)\cos\alpha = ht$

und $\frac{a - k \sin\alpha}{\sin\alpha} = mt$

folglich

$mh = ht + mt = (r + a)\sin\alpha + D\cos\alpha - k$ . . (28)

Bezeichnen wir den Werth von mh mit b und die oben gefundene Pfeilhöhe mit p, und ziehen die Linien pc, bc, bc_1, mc_1, ſo iſt zunächſt $cc_1 = R + r$. Fällt man nun auf den verlängerten Halbmeſſer cp die Senkrechte $c_1 f$, ſo iſt dieſe $= b$, während $fc = R + r - p$ wird. Demnach iſt

$$(R + r)^2 = b^2 + (R + r - p)^2$$

oder $b^2 = 2(R + r)p - p^2$

woraus folgt: $2r = \frac{b^2}{p} + p - 2R$ . . . . . (29)

Der Winkel γ ergibt ſich aus dem Dreiecke $cc_1 f$ durch die Gleichung

$$\sin\gamma = \frac{b}{R + r - p} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; (30)$$

Endlich iſt

$$(mb) = 2r \sin\gamma = \frac{2rb}{R + r - p} \quad . \; . \; . \; (31)$$

Mit dieſen Angaben iſt es leicht, den Punkt m zu finden; alsdann iſt aber auch die Lage von k gegeben, und die Ordinaten zur Abſteckung des Bogens mb laſſen ſich aus r berechnen.

Nun iſt nur noch die Entfernung x des Drehpunktes d von dem Berührungspunkte b zu ſuchen. Dieſe findet ſich, wenn der Punkt d innerhalb der Kurve der Hauptſpur liegt, nach Glchg. (13), wenn R und r für ϱ_1 und ϱ_2 und $y\,(R + r - \frac{1}{2}y) = C$ geſetzt wird. Dadurch wird

$$x = \sqrt{\frac{(2Rr - C)C}{(R - r)^2 - 2C}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (32)$$

Liegt hingegen der Punkt d ſchon innerhalb des geraden Theils der Hauptſpur, ſo ergibt ſich aus der Glchg. (24'), wenn in ſie $-\operatorname{tg}\varphi$ für $+\operatorname{tg}\varphi$ eingeſetzt wird, der Werth von

$$x = \frac{\sqrt{r^2(1 + \operatorname{tg}^2\varphi) - (r - t\operatorname{tg}\varphi - y)^2} - (r - t\operatorname{tg}\varphi - y)\operatorname{tg}\varphi}{1 + \operatorname{tg}^2\varphi} \quad (32')$$

β) Der Berührungspunkt b iſt gegeben.

Fig. 11. Iſt der Punkt b auf dem Kreisbogen gegeben, ſo iſt der Winkel ocb, der mit φ bezeichnet werden ſoll, bekannt. Der zu ſuchende Kreisbogen mb muß die Gerade mq unter dem Winkel α im Punkte m, der noch zu beſtimmen iſt, ſchneiden, und den gege-

Digitized by Google

benen Kreis im Punkte b berühren. Verlängert man die Gerade m q und fällt auf ſie die Senkrechte b i und den auf ihr ſenkrecht ſtehenden Halbmeſſer $c_1 s_1$, ſo iſt $(b\,i) = (b\,i_1) + (i_1\,i) = R(1-\cos\varphi) + a_1$

Es iſt aber auch

$(b\,i) = (s_1\,v_1) - (s_1\,v_2) = r(1-\cos\alpha) - r(1-\cos\varphi)$;

demnach

$R(1-\cos\varphi) + a_1 = r(1-\cos\alpha) - r(1-\cos\varphi)$

woraus folgt: $r = \frac{a_1 + R(1-\cos\varphi)}{\cos\varphi - \cos\alpha}$ . . . . . (33)

Weiter hat man

$(m\,b) = 2r\sin{}^1/_2\gamma = 2r\sin{}^1/_2(\alpha-\varphi)$ . . (34)

da $\gamma = \alpha - \varphi$ iſt.

Die Entfernung des Drehpunktes d vom Kreuzungspunkte k findet man aus den Gleichungen (32) oder (32¹), je nachdem der Punkt d innerhalb des gekrümmten oder des geraden Theils der Hauptſpur liegt.

c) Die Kreuzung liegt in dem gebogenen Theile des Hauptgeleiſes.

Wegen der geraden Kreuzungsſtücke muß in dieſem Falle in der Kurve ein gerades Stück von der Länge 2 k eingeſchaltet werden. Hierüber wurde aber ſchon zu Anfang des Abſchnittes B geſprochen. Es iſt jedoch nicht nöthig, daß die Aenderung das Hauptgeleiſes vor der Berechnung der Ausweiche vorgenommen und das geänderte Geleiſe dieſer Berechnung zu Grunde gelegt werde. Im Gegentheile wird man hier die Ausweichkurve ſo beſtimmen, als wäre das gerade Stück m, n, im Hauptgeleiſe gar nicht vorhanden und erſt nachträglich ſchaltet man dasſelbe ein. Es wird kaum der Erwähnung bedürfen, daß durch dieſe nachträgliche Aenderung die Lage des Kreuzungspunktes k und die Richtung von mk nicht alterirt wird und daß auch der Berührungspunkt b derſelbe bleibt, weil er ſich im geraden Theile der Hauptſpur befindet.

Bei der Berechnung der Ausweiche muß zunächſt unterſchieden werden, ob der Kreuzungspunkt auf der konkaven oder auf der konvexen Seite des Hauptgeleiſes liegt, und in jedem dieſer Fälle: ob der Kreuzungs- oder der Berührungspunkt gegeben iſt.

1. Der Kreuzungspunkt liegt auf der konkaven Seite der Hauptſpur.

α) Der Kreuzungspunkt iſt gegeben.

Fig. 12. Wenn der Punkt k gegeben iſt, dann iſt auch der Winkel $o\,c\,k = \varphi$ bekannt. Verlängert man k m bis die Linie o x geſchnitten wird, ſo bilden b t und m t die Tangenten für den zu ſuchenden Bogen m b. Da nun der Winkel $k\,t\,x = \alpha + \varphi$ und die Senkrechte $k\,p = a + R(1-\cos\varphi)$ iſt, wobei R den Halbmeſſer des inneren Geleiſes der Hauptſpur und r jenen des äußern Weichgeleiſes bezeichnet, ſo iſt

$$(k\,t) = \frac{a + R(1-\cos\varphi)}{\sin(\alpha+\varphi)} \quad \ldots\ldots\ldots (35)$$

$$(m\,t) = \frac{a + R(1-\cos\varphi)}{\sin(\alpha+\varphi)} - k \quad \ldots\ldots (36)$$

Da ferner $b\,c\,m = \alpha + \varphi$ iſt und

$$(m\,t) = r\,tg\,{}^1/_2(\alpha+\varphi),$$

ſo folgt, wenn man in die letzte Gleichung für (m t) den Werth aus der Gleichung (36) ſetzt,

$$r = \frac{a + R(1-\cos\varphi)}{2\sin^2\frac{1}{2}(\alpha+\varphi)} - \frac{k}{tg\,\frac{1}{2}(\alpha+\varphi)} \quad \ldots (37)$$

und aus der Figur folgt:

$$(b\,p) = r\sin(\alpha+\varphi) + k\cos(\alpha+\varphi),$$

oder, wenn man für r ſubſtituirt:

$$(b\,p) = \frac{a + R(1-\cos\varphi)}{tg\,\frac{1}{2}(\alpha+\varphi)} - k \quad \ldots\ldots (38)$$

Jetzt ergibt ſich auch

$$(o\,b) = \frac{a + R(1-\cos\varphi)}{tg\,\frac{1}{2}(\alpha+\varphi)} - k - R\sin\varphi \quad (39)$$

Die Entfernung des Drehungspunktes d vom Berührungspunkte b findet ſich wie in Gleichung (1) aus

$$x = \sqrt{y(2r-y)},$$

wenn der Drehpunkt noch innerhalb des geraden Theils der Hauptſpur zu liegen kommt. Fällt er aber ſchon in den gekrümmten Theil, ſo wird dieſe Entfernung aus folgender Gleichung gefunden:

$$y = r - \sqrt{r^2 - x^2} - R + \sqrt{R^2 - (x-D)^2} \quad . (40)$$

wobei D die Länge o b vorſtellt.

Was endlich die Aenderung des Hauptgeleiſes, d. h. die Einſchaltung des Stückes 2 k am Kreuzungspunkte betrifft, ſo halte man ſich genau an das, was am Eingange des Abſchnittes B hierüber angeführt wurde. Dasſelbe gilt auch für die nachfolgenden drei Fälle.

β) Der Berührungspunkt iſt gegeben.

Fig. 12. Man ziehe die Halbmeſſer c, m und c k, verlängere beide bis ſie ſich in g ſchneiden und fälle auf c o die Senkrechte $c_1 f$, ſo iſt, wenn hier noch dieſelben Bezeichnungen wie im vorigen Falle gelten:

$c_1 f = D$; $c\,f = R + a - r$; $c_1 g = r + k\cot\alpha$;

$$c\,g = R + \frac{k}{\sin\alpha}.$$

Da aber

$(c\,c_1)^2 = (c\,f)^2 + (c_1 f)^2 = (c_1 g)^2 + (c\,g)^2 - 2(c_1 g)(c\,g)\cos\alpha$, ſo iſt, wenn man ſubſtituirt:

Digitized by Google

$$D^2 + (R - r + a)^2 = (r + k\cot\alpha)^2 + \left(R + \frac{k}{\sin\alpha}\right)^2 - 2\,(r + k\cot\alpha)\left(R + \frac{k}{\sin\alpha}\right)\cos\alpha$$

und hieraus folgt:

$$2r = \frac{a\,(a + 2R) + D - k\,(k + 2R\sin\alpha)}{a + R\,(1 - \cos\alpha)} \quad \ldots \quad (41)$$

Zieht man die Linie $c_1 h$ ſenkrecht auf $c\,g$ und bezeichnet die Winkel $c_1\,c\,f$ und $c_1\,c\,h$ beziehlich mit γ und β, ſo iſt

$$\left.\begin{aligned}\sin\beta &= \frac{(c,h)}{(c,c)} = \frac{(r + k\cot\alpha)\sin\alpha}{\sqrt{D^2 + (R - r + a)^2}}\\ \sin\gamma &= \frac{(c,f)}{(c,c)} = \frac{D}{\sqrt{D^2 + (R - r + a)^2}}\end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad (42)$$

Hat man hieraus β und γ beſtimmt, ſo iſt auch φ bekannt, da $\varphi = \beta - \gamma$ iſt. Endlich iſt $(k\,q) = R\sin\varphi$ und die Entfernung des Kreuzungspunktes k von der Linie $b\,b_1$, welche normal auf dem geraden Stück der Hauptſpur ſteht, iſt gleich

$$(b_1\,q) + (k\,q) = D + R\sin\varphi \quad \ldots \quad (43)$$

Die Entfernung $b\,d$ findet ſich wieder nach Gl (1), wenn d noch innerhalb des geraden Stückes der Hauptſpur fällt, und nach Gl (40), wenn d in der Kurve der Hauptſpur liegt.

2. Der Kreuzungspunkt liegt auf der konvexen Seite der Hauptſpur.

α., der Kreuzungspunkt iſt gegeben.

Fig. 13. Die hierher gehörigen Reſultate entwickeln ſich ähnlich wie die von Gl (35) bis (40). Mit k iſt auch der Winkel $o_1\,c\,k$ bekannt. In der Rechnung wird derſelbe mit φ bezeichnet. Wird k m bis zu t verlängert, ſo bilden m t und b t die Tangenten des zu ſuchenden Kreisbogens m b. Da nun $t\,k\,q = \alpha - \varphi$ und

$$o\,q = a - R\,(1 - \cos\varphi) = (t\,k)\sin(\alpha - \varphi),$$

ſo wird $$(t\,k) = \frac{a - R\,(1 - \cos\varphi)}{\sin(\alpha - \varphi)}$$

und $$(t\,m) = \frac{a - R\,(1 - \cos\varphi)}{\sin(\alpha - \varphi)} - k$$

Da auch $b\,c_1\,m = \alpha - \varphi$, ſo iſt, ähnlich wie in den Gleichungen (38) und (39):

$$r = \frac{(t\,m)}{\operatorname{tg}\frac{1}{2}(\alpha - \varphi)} = \frac{a - R\,(1 - \cos\varphi)}{2\sin^2\frac{1}{2}(\alpha - \varphi)} - \frac{k}{\operatorname{tg}\frac{1}{2}(\alpha - \varphi)} \quad (44)$$

$$(k\,p) = r\sin(\alpha - \varphi) + k\cos(\alpha - \varphi) \quad \ldots \quad (45)$$

$$= \frac{a - R\,(1 - \cos\alpha)}{\operatorname{tg}\frac{1}{2}(\alpha - \varphi)} - k$$

$$(q\,p) = \frac{a - R\,(1 - \cos\alpha)}{\operatorname{tg}\frac{1}{2}(\alpha - \varphi)} - k - R\sin\varphi \quad \ldots \quad (45')$$

Um die Entfernung des Berührungspunktes b vom Kreuzungspunkte b zu ſuchen, bedient man ſich geradezu der Gleichungen (1) und (40), je nachdem d in dem geraden oder gebogenen Theil der Hauptſpur ſich befindet. Bei Anwendung der Gl (40) auf den vorliegenden Fall muß aber — R für + R eingeſetzt werden.

Die Aenderung des Hauptgeleiſes behufs der Einſchaltung des geraden Stücks 2 k wurde ſchon am Schluſſe der Abtheilung α in Nr. 1 beſprochen.

β. Der Berührungspunkt iſt gegeben.

Fig. 13. Zieht man die Centrale $c\,c_1$, und verlängert den Halbmeſſer $c_1\,m$ bis g und den $c\,k$ bis zum Fußpunkt der auf ihm ſenkrecht ſtehenden Linie $c_1 h$, ſo iſt, wenn die Bezeichnung dieſelbe bleibt, ähnlich wie in der Abtheilung Nr. 1, β: $c_1 f = D$; $c\,f = R + r - a$; $c_1 g = r + k\cot\alpha$ und $c\,g = R - \frac{k}{\sin\alpha}$. Da aber $(c\,c_1)^2 = (c_1 f)^2 + (c\,f)^2 = (c_1 g)^2 + (c\,g)^2 + 2(c_1 g)\,(c\,g)\cos\alpha$, ſo iſt auch

$$D^2 + (R + r - a)^2 = (r + k\cot\alpha)^2 + \left(R - \frac{k}{\sin\alpha}\right)^2 + 2\,(r + k\cot\alpha)\left(R - \frac{k}{\sin\alpha}\cos\alpha\right)$$

woraus ſich findet:

$$2r = \frac{a\,(2R - a) - D - k\,(2R\sin\alpha - k)}{R\,(1 - \cos\alpha) - a} \quad \ldots \quad (46)$$

Bezeichnet man die Winkel $c_1\,c\,f$ und $c_1\,c\,h$ mit γ und β, ſo iſt

$$\sin\beta = \frac{(c,h)}{(c,c)} = \frac{(r + k\cot\alpha)\sin\alpha}{\sqrt{D^2 + (R + r - a)^2}} \quad \ldots \quad (47)$$

$$\sin\gamma = \frac{(c,f)}{(c,c)} = \frac{D}{\sqrt{D^2 + (R + r - a)^2}} \quad \ldots \quad (48)$$

Kennt man β und γ, ſo iſt $\varphi = \beta - \gamma$ und $(k\,q) = R\sin\varphi$; demnach die Entfernung des Kreuzungspunktes k von der Linie $(b\,b_1) = D + R\sin\varphi$. Für die Beſtimmung der Entfernung $b\,d$ gilt die Schlußbemerkung zur Abtheilung (α).

II. Von der Anlage der Verbindungsſpuren.

Unter Verbindungsſpuren verſtehen wir diejenigen Schienenwege, welche zwei Geleiſe von beliebiger Lage miteinander ſo vereinigen, daß man von einem Geleiſe in's andere fahren kann. Die Aufgabe dieſes Abſchnittes iſt es, die bei der Anlage ſolcher Spuren vorkommenden Berechnungen zu liefern; wobei als allgemeine Bemerkung vorausgeſchickt wird, daß nach einer auf Erfahrung beruhenden Uebung die vorkommenden Krümmungshalbmeſſer bei einer und derſelben Verbindungsſpur einander gleich genommen wer-

Digitized by Google

den, und daß man nur in abnormen Fällen von dieſer Uebung abweicht. Es ſind auch hier wieder verſchiedene Fälle der Anlage von Verbindungsſpuren zu unterſcheiden, je nachdem die verbindenden Geleiſe gerade oder gebogen, parallel oder divergirend, koncentriſch oder excentriſch ſind. Wir werden demnach folgende Fälle behandeln.

A. Die zu verbindenden Geleiſe ſind gerade und parallel.

B. Die zu verbindenden Geleiſe ſind gerade, aber nicht parallel.

C. Die zu verbindenden Geleiſe ſind koncentriſche Kreisbögen.

D. Von den zu verbindenden Geleiſen iſt das eine gerade, das andere gekrümmt.

E. Die zu verbindenden Geleiſe ſind excentriſche Kreisbögen.

A. Die zu verbindenden Geleiſe ſind gerade und parallel.

Fig. 14. Ihre Achſen ſeien AB und CD; der Abſtand dieſer parallelen Linien = A, die Spurweite von Mitte zu Mitte der Schienen = a, und die vorkommenden Kreuzungswinkel = α Unter dieſer Vorausſetzung iſt nach Gleichung (2) der Achſenhalbmeſſer der Ausweichſpur

$$r_0 = \frac{e - k \sin\alpha}{1 - \cos\alpha} - \tfrac{1}{2} a.$$

Sind nun b_0 b_0 die Berührungspunkte zwiſchen der Achſe der Verbindungsſpur und jener der gegebenen Geleiſe, und ſollen die zwei erforderlichen Ausweichungen durch gerade Geleiſe vereinigt werden, ſo findet ſich die gegenſeitige Lage der Punkte b_0 b_0 wie folgt.

Macht man $(b_0 t) = r_0 \operatorname{tg} \frac{1}{2}\alpha$ und $(c t) = A \operatorname{cotg} \alpha$, errichtet in c die Senkrechte ct, und ſchneidet weiter $(m_0 t) = r_0 \operatorname{tg} \frac{1}{2}\alpha$ ab: ſo bilden $(b_0 t)$ und $(m_0 t)$ die Tangenten der einen Ausweichachſe $(b_0 m_0)$, und eben ſo (bt) und $(m_0 t)$ jene der zweiten Ausweichachſe $(b_0 m_0)$.

Mißt man die Entfernung der Punkte b_0 b_0 in der Richtung der parallelen Spuren, ſo iſt dieſe Entfernung

$$e = 2 r_0 \operatorname{tg} \tfrac{1}{2}\alpha + A \operatorname{cotg} \alpha \quad \ldots \quad (49)$$

Für die ſchon öfter angezogenen drei ſpeciellen Fälle gelten folgende Zahlenwerthe:

Wenn $\operatorname{tg}\alpha = \frac{1}{10}$, ſo iſt $e = 95{,}75' + 10\,A$

wenn $\operatorname{tg}\alpha = \frac{1}{8{,}5}$, ſo iſt $e = 80{,}49' + 8{,}5\,A$

„ $\operatorname{tg}\alpha = \frac{1}{7}$, „ $e = 65{,}01 + 7\,A.$

Zieht man von e die doppelte Länge (bk) ab, ſo erhält man die Entfernung der Kreuzungspunkte nach der Richtung der Hauptſpuren. Wird aber zu dieſer Entfernung wieder der doppelte Abſtand des Punktes k von der abgeplatteten Kreuzungsſpitze addirt, ſo findet ſich die Entfernung der abgeplatteten Kreuzungsſpitze der Ausweichen.

2. Wäre verlangt, daß eine Spur in die andere einmünden ſoll, ohne daß ſie nach rückwärts verlängert wird, ſo fällt die Entfernung b_0 b_0 gerade ſo aus wie eben angegeben wurde. Man könnte dann aber auch wie in Fig. 15 den Halbmeſſer der Kurve b_0 m_0 größer annehmen, weil man nicht mehr durch die Ausweiche an eine beſtimmte Krümmung gebunden wäre. Dabei fände ſich die Lage des Punktes t ebenfalls wie vorhin, wenn nur

$$(b_0 t_0) = (m_0 t_0) = R_0 \operatorname{tg} \tfrac{1}{2}\alpha$$

geſetzt würde, wobei R_0 der Achſenhalbmeſſer der Kurve b_0 m_0 bezeichnete.

Iſt m_0 n_0 gleich der Länge des geraden Kreuzungsſtückes, ſo iſt $n_0 t$ der größte Werth, den m_0 t annehmen kann; demnach auch

$$(n_0 t) = (t f) = \frac{A}{\sin\alpha} - (r_0 \operatorname{tg} \tfrac{1}{2}\alpha + 2k);$$

woraus ſich der größte Werth von

$$R_0 = \frac{(n_0 t)}{\operatorname{tg} \frac{1}{2}\alpha} = \frac{A}{2 \sin^2 \frac{1}{2}\alpha} - 2k \cot \tfrac{1}{2}\alpha - r \ldots (50)$$

findet. Da aber wegen der ſtärkeren Krümmung der Ausweichſpur die Vortheile der ſchwächeren Krümmung der Einmündungsſpur keinen beſonderen Werth haben und weil dabei der Punkt b_0 ziemlich weit hinausrücken könnte und ſich die beiden Spuren auf eine längere Strecke nicht genug trennen, ſo wird ſelten von dieſem größeren Halbmeſſer Gebrauch gemacht.

3. Soll, wie in Fig. 16, eine gerade Spur in einer mit ihrer Richtung parallelen Lage abgelenkt werden, ſo können die vorhin entwickelten Formeln zur Berechnung derſelben benützt werden.

4. In manchen Fällen kann der Abſtand A ungewöhnlich groß werden. Da aber mit dieſem auch die Länge des Verbindungsgeleiſes wächſt, ſo wird es nicht ſelten nöthig, die Verbindung zwiſchen den beiden Aus-

Digitized by Google

weichen durch Sförmig gekrümmte Geleiſe und nicht auf geradem Wege herzuſtellen.

Die Achſe der SKurve muß offenbar die Geraden $m_o n_o$ und $m_o n_o$ in den Punkten n_o und n_o berühren, ſo daß die Achſe des ganzen Verbindungsweges durch die Kurve $b_o m_o n_o l_o l_o n_o m_o b_o$ (Fig. 17) dargeſtellt wird. Die beiden Kreisbögen $n_o l_o$ und $n_o l_o$ der SKurve dürfen einander nicht direkt berühren, ſondern der Uebergang muß durch ein gerades Stück $l_o l_o$ bewerkſtelligt werden, welches wenigſtens 14 bis 20 Fuß Länge hat, damit ein jeder Wagen, bevor er von dem einen Bogen in den andern eintritt, zuerſt ſich ganz auf dieſem geraden Geleiſe befinde und auf dieſe Weiſe gefährliche Spannungen und Stöße vermieden werden.

Die nächſte Aufgabe iſt auch hier, die gegenſeitige Lage der Punkt b_o und b_o aufzuſuchen.

Am leichteſten findet man ihre Entfernung in der Richtung der Hauptſpuren, d. h. die Länge $q b_o$, wenn man ſich den Bogen $b_o m_o$ parallel mit ſich ſo weit fortgerückt denkt, bis er die Lage $d n_o$ einnimmt, und ſein Halbmeſſer $m_o c_1$ mit dem $n_o c$ zuſammenfällt. Aehnlich denkt man ſich den Bogen $m_o b_o$ in die Lage $n_o d$ verſchoben, ſo daß o_1 nach o kommt. Dadurch wird $b_o d$ mit $m_o n_o$ und $b_o d$ mit $m_o n_o$ gleich und parallel; und es iſt daher $(q b_o) = (d p) + 2 k \cos \alpha$.

Verlängert man nun den Halbmeſſer $o d$ bis r, zieht $c r$ parallel mit $q b_o$ und verbindet c mit o, ſo iſt

$$(d p) = (c r) \text{ und } (c o)^2 = (c r)^2 + (o r)^2$$

Weil aber

$$(o r) = r_o + (d r) = 2 r_o + k \sin \alpha - A,$$

und wenn man $o l_o$ bis s verlängert und $o s$ auf $c s$ ſenkrecht ſtellt:

$$(c o)^2 = (c s)^2 + (o s)^2 = 4 r_o^2 + l^2$$

iſt, ſo findet die Gleichung

$$4 r_o^2 + l^2 = (c r)^2 + (2 r_o + 2 k \sin \alpha - A)^2$$

ſtatt, aus der ſich

$$(c r) = \sqrt{(4 r_o + 2 k \sin \alpha - A)(A - 2 k \sin \alpha) + l^2} \quad (51)$$

ergibt, womit auch

$$(q b_o) = 2 k \cos \alpha + \sqrt{(4 r_o + 2 k \sin \alpha - A)(A - 2 k \sin \alpha) + l^2} \quad \ldots\ldots (52)$$

gefunden iſt.

Nachdem die gegenſeitige Lage der Berührungspunkte bekannt iſt, kann man die beiden Ausweichungen nach den Mittheilungen im vorigen Abſchnitte abſtecken. Zur Abſteckung der Verbindungsſpur werden jetzt noch die Längen der Tangenten $n_o T = T l_o = n_o \mathfrak{T} = \mathfrak{T} l_o$ berechnet, welche zu den Bögen $n_o l_o$ und $n_o l_o$ gehören. Der Centriwinkel dieſer Bögen $n_o c l_o = l_o o n_o$ werde mit β bezeichnet.

Da nun $\beta = \sphericalangle d c l - \alpha$ iſt, ſo muß zuerſt der mit γ bezeichnete Winkel $d c l$ geſucht werden. Es iſt aber

$$(c r) = 2 r_o \sin \gamma + l \cos \gamma;$$

folglich auch

$$\sqrt{(4 r_o + 2 k \sin \alpha - A)(A - 2 k \sin \alpha) + l^2} = 2 r_o \sin \gamma + l \cos \gamma,$$

woraus ſich, wenn w die vorſtehende Wurzelgröße bezeichnet

$$\sin \gamma = \frac{2 w r_o - l (2 r_o - A + 2 k \sin \alpha)}{4 r_o^2 + l^2} \quad \ldots (53)$$

ergibt. Es iſt hier ſogleich das durch eine einfache Unterſuchung ſich als brauchbar ergebende Vorzeichen (—) in den zweiten Theil des Zählers eingeſetzt worden.

Iſt der Winkel γ gefunden, ſo hat man die Tangentenlänge

$$(n_o T) = r_o \operatorname{tg} \tfrac{1}{2} \beta = r_o \operatorname{tg} \tfrac{1}{2} (\gamma - \alpha) \quad \ldots (54)$$

5. Bei der Abſteckung der Verbindungsſpur verfährt man auf folgende Weiſe.

Iſt von den beiden Berührungspunkten der eine b_o gegeben, ſo errichtet man in ihm die Linie $b_o q$, welche auf den zu verbindenden Spuren ſenkrecht ſteht. Trägt man hierauf die berechnete Länge $q b_o$ auf, ſo findet ſich der andere Berührungspunkt b_o. Schneidet man ferner auf den Achſen der Spuren die gefundenen Tangentenwerthe $b_o t = r_o \operatorname{tg} \frac{1}{2} \alpha = b_o t$ und von den Punkten t und t aus die beliebig langen Stücke $t f$ und $t f$ ab; errichtet alsdann die Senkrechten $t g$ und $f g$ (wobei $(f g) = (t f) \operatorname{tg} \alpha$ und $(f g) = (t f) \operatorname{tg} \alpha$ iſt) und zieht die Geraden $t g$ und $t g$, welche parallel zu einander werden; und mißt endlich von t aus auf der Linie $t g$ die Längen $t m_o = t b_o = r_o \operatorname{tg} \frac{1}{2} \alpha$; $m_o n_o = k$ und $n_o T$ gleich dem oben berechneten Werth ab: ſo findet ſich der Punkt T. Auf dieſelbe Weiſe wird auch der Punkt $\mathfrak{T}$ gefunden. Zieht man nun die Linie $T \mathfrak{T}$ und ſchneidet die Tangenten $T l_o$ und $\mathfrak{T} l_o$ gleich $n_o T$ und $n_o \mathfrak{T}$ ab, ſo muß die Länge $(l_o l_o)$ gleich dem angenommenen Werthe von l werden. Werden jetzt die Bögen $n_o l_o$ und $n_o l_o$ ausgeſteckt, ſo hat man die Achſe der Verbindungsſpur, nach welcher ſich die Geleiſe derſelben leicht legen laſſen.

6. Würden die Krümmungshalbmeſſer der Kurven $l_o n_o$ und $m_o b_o$ nicht gleich denen der anderen Kurven, alſo etwa $= R_o$ ſein, ſo ergeben ſich die Reſultate durch

Digitized by Google

die vorausgehenden Betrachtungen in folgender Weiſe:

$$(q\,b_0) = \sqrt{l^2 + [2R_0 + 2r_0 - A + k(\sin\alpha + \sin\alpha_1)]\,[A - k(\sin\alpha + \sin\alpha_1)]} + k(\cos\alpha + \cos\alpha_1) \quad . . (55)$$

Dabei entſpricht α_1 dem Halbmeſſer R_0. Setzt man den vorſtehenden Wurzelausdruck $= W$, ſo wird

$$\sin\gamma = \frac{(R_0 + r_0)\,W - l\,[R_0 + r_0 - A + k(\sin\alpha + \sin\alpha_1)]}{(R_0 + r_0)^2 + l^2} \quad . (56)$$

7. Ganz ähnliche Reſultate erhält man für den Fall, daß die Halbmeſſer der vier Bögen $b_0 m_0$, $n_0 l_0$; $n_0 l_0$, $b_0 m_0$ ungleich ſind; nur muß man bei ihrer Entwickelung die Spur von n_0 bis n_0 geſchieden von der Ausweichſpur betrachten und nicht die Achſe, ſondern eines der Geleiſe der Verbindungsbahn der Rechnung unterwerfen, bei welcher ſelbſtverſtändlich die Winkel eingeführt werden müſſen, unter denen dieſes Sförmige Geleiſe die inneren Geleiſe der geraden Spur ſchneidet. Obwohl der Umſtand, daß hier ein Schneiden und kein Berühren ſtattfindet, der Rechnung keine Schwierigkeiten entgegenſtellt, ſo übergehen wir dieſen Fall doch aus dem Grunde, weil er in der Praxis kaum vorkommen wird.

8. Sollte eine der beiden geraden Bahnen in die andere durch eine ähnliche S-Kurve einmünden wie vorher, nnd wäre eine rückwärtige Verlängerung und die dadurch bedingte Weiche nicht verlangt; ſo würden die betreffenden Formeln aus (52) und (53) erhalten werden, wenn man $m_0 n_0 = o$, d. h. k für $2k$ ſetzte. Sollten überdies die Halbmeſſer der Kurven $b_0 l_0$ und $m_0 b_0$ verſchieden ſein, ſo hätte man iu denſelben Gleichungeu (52) und (53) nur wieder k für $2k$ und $R_0 + r_0$ für $2r_0$ zu ſubſtituiren.

9. Wäre endlich die Aufgabe geſtellt: eine gerade Spur parallel mit ihrer Richtung ſo abzulenken, daß gar keine Ausweiche in Anwendung kommt; ſo würde man in den vorausgehenden Formeln jedes k gleich Null ſetzen, was für den Fall, daß die Halbmeſſer der S-Kurve ungleich wären, gäbe

$$(q\,b_0) = \sqrt{l^2 + (2R_0 + 2r_0 - A)\,A} \quad . . . (57)$$

$$\sin\gamma = \frac{(R_0 + r_0)\,W - l\,(R_0 + r_0 - A)}{(R_0 + r_0)^2 + l^2} \quad . . . . (58)$$

10. Für alle die Fälle, bei denen der eine oder auch beide Werthe von k Null werden, bleibt zu bemerken, daß man nach berechnetem γ ſogleich die Tangenten des ganzen zu γ gehörigen Bogens berechnet und nicht jene, die den Winkeln α und $\gamma - \alpha$ entſprechen. Denn es verſteht ſich von ſelbſt, daß ſich dadurch die Rechnung und Abſteckung einfacher macht, als wenn man ſich ganz und gar an das, was über die übrigen Fälle geſagt wurde, halten wollte. Dieſe Bemerkung gilt auch ſogleich für die betreffende Stelle der folgenden Abtheilung.

B. Die zu verbindenden Geleiſe ſind gerade, aber nicht parallel, ſondern bilden den Winkel γ'.

Sollen in dieſem Falle die Halbmeſſer der Ausweichen einander gleich ſein, ſo muß die Verbindungsſpur eine, wenn auch geringe Biegung haben; die Spur kann aber gerade werden, wenn jene Halbmeſſer ungleich ſein dürfen. In der Regel wendet man aber Sförmige Geleiſe zur Verbindung der beiden Ausweichen an.

Die Entwickelungen, welche hier nöthig werden, ergeben ſich alle aus denen des erſten Falles, wenn man nur vorausſetzt, daß der Winkel $n_0 c l_0 \lesseqgtr l_0 o n_0$ iſt.

1. Gilt für die Fig. 18 dieſelbe Bezeichnung wie für Fig. 17, und wird (dh) der (uq) parallel gedacht, ſo iſt

$$\left.\begin{aligned}(q b_0) &= (qu) + (uv) + (vb_0)\\ &= (dh) + (uv) + (vb_0)\end{aligned}\right\} \quad . . . (59)$$

Steht (di) ſenkrecht auf $(q\,b_0)$, ſo iſt

$$(dh) = \frac{(di)}{\cos(h\,d\,i)} = \frac{(di)}{\cos\gamma'} \quad . . . . . (60)$$

$$(di) = (b_0 d)\cos\alpha = k\cos\alpha$$

und folglich $$(dh) = \frac{k\cos\alpha}{\cos\gamma'}.$$

Weiter iſt

$$(vb_0) = (db_0)\cos\alpha = k\cos\alpha \quad . . . (61)$$

Um den Werth von uv zu finden, hat man zunächſt

$$(cu) = (cd) - (ud) = r_0 - (hq)$$
$$= r_0 - A - (hb_0) = r_0 - A + \frac{k\sin(\alpha - \gamma')}{\cos\gamma'} \text{ *)}$$

Fällt man von c aus auf die Linie qb_0 die Senkrechte cx, ſo iſt

$$(ux) = (cu)\sin\gamma' = \left(r_0 - A + \frac{k\sin(\alpha - \gamma')}{\cos\gamma'}\right)\sin\gamma'$$

und

$$(cx) = (cu)\cos\gamma' = \left(r_0 - A + \frac{k\sin(\alpha - \gamma')}{\cos\gamma'}\right)\cos\gamma'$$

Da nun

$$(uv) = (ux) + (vx) = (ux) + (cr)$$

iſt, ſo muß vorerſt noch (vx) oder (cr) geſucht werden.

Hiezu hat man, ähnlich wie in der vorhergegangenen Aufgabe,

$$(co)^2 = (2r_0)^2 + l^2 = (or)^2 + (cr)^2$$

*) In unſerer Figur iſt $\alpha < \gamma$ alſo $\sin(\alpha - \gamma')$ negativ; es kommt aber öfter vor, daß $\alpha > \gamma'$ wird, weßhalb man das, Vorzeichen von $\frac{k\sin(\alpha - \gamma')}{\cos\gamma'}$ poſitiv machte.

Digitized by Google

oder auch

$$(2r_0)^2 + l^2 = [r_0 + k\sin\alpha + (cx)]^2 + (cr)^2$$

$$4r_0^2 + l^2 = [r_0 + k\sin\alpha + (r_0 - A)(\cos\gamma' + k\sin(\alpha-\gamma'))]^2 + (cr)^2$$

und hieraus

$$(cr)^2 = 4r_0^2 + l^2 - [r_0(1+\cos\gamma') + k[\sin\alpha + \sin(\alpha-\gamma')] - A\cos\gamma')^2$$

Demnach iſt

$$(uv) = \left(r_0 - A + \frac{k\sin(\alpha-\gamma')}{\cos\gamma'}\right)\sin\gamma' + \sqrt{4r_0^2 + l^2 - [r_0(1+\cos\gamma') + k(\sin\alpha + \sin(\alpha-\gamma') - A\cos\gamma')]^2} \quad (62)$$

Werden endlich die Werthe von (dh), (ob_0), (uv) aus den Gleichungen (60), (61), (62) in die Gleichung (59) geſetzt, ſo wird

$$(qb_0) = \left(1 + \frac{1}{\cos\gamma}\right)k\cos\alpha + \left(r_0 - A + \frac{k\sin(\alpha-\gamma')}{\cos\gamma'}\right) \times \sin\gamma' + w_1 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (63)$$

wobei

$$w_1 = \sqrt{4r_0^2 + l^2 - [r_0(1+\cos\gamma') + k][\sin\alpha + \sin(\alpha-\gamma')] - A\cos\gamma']^2}$$ iſt.

Da nun mit (qb_0) auch die gegenſeitige Lage der Punkte b_0 und b_0 bekannt iſt, ſo laſſen ſich ſogleich die Ausweichen abſtecken. Aehnlich wie im vorigen Fall wird auch der Winkel $\beta = n_0 c l_0$ gefunden. Bei der angenommenen Bezeichnung iſt nämlich in Fig. 18:

$$\sphericalangle\, dcl = dcx + l_0cx = \gamma' + \gamma.$$

Weiter iſt

$$(cr) = 2r_0\sin\gamma + l\cos\gamma = w_1$$

folglich $\sin\gamma =$

$$\frac{2r_0w_1 + l[r_0(1+\cos\gamma') + k[\sin\alpha + \sin(\alpha-\gamma')] - A\cos\gamma']}{4r_0^2 + l^2} \quad (64)$$

Hat man den Winkel γ gefunden, ſo iſt auch

$$\sphericalangle\, dcl_0\ \gamma' + \gamma$$

bekannt; und da $dcn_0 = \alpha$ iſt, ſo muß

$$\beta = \sphericalangle\, n_0cl_0 = \gamma' + \gamma - \alpha$$

ſein, während

$$\sphericalangle\, n_0ol_0 = \gamma - \alpha$$

iſt. Es werden daher die Tangenten

$$(n_0T) = (Tl_0) = r_0\,\mathrm{tg}\,\tfrac{1}{2}(\gamma' + \gamma - \alpha) \quad . \quad (65)$$

$$(n_0\mathfrak{T}) = (\mathfrak{T}l_0) = r_0\,\mathrm{tg}\,\tfrac{1}{2}(\gamma - \alpha) \quad \ldots\ldots \quad (66)$$

Mit Hilfe dieſer Werthe kann man die Abſteckung der Verbindungsſpur gerade ſo vollziehen wie es bei der vorigen Aufgabe geſchehen iſt.

2. Sollten die Halbmeſſer der Bögen ln_0 und m_0b_0 nicht gleich den andern, ſondern vielleicht $= R_0$ ſein, ſo verändern ſich die Reſultate, indem

$$w_2 = \sqrt{(R_0 + r_0)^2 + l^2 - (R_0 + k\sin\alpha + (r_0 - A)\cos\gamma' + k\sin(\alpha-\gamma')]^2}$$

$$(qb_0) = \left(1 + \frac{1}{\cos\gamma'}\right)k\cos\alpha + \left(r_0 - A + \frac{k\sin(\alpha-\gamma')}{\cos\gamma'}\right)\sin\gamma' + w_2 \quad . \quad (67)$$

$\sin\gamma =$

$$\frac{(R_0 + r_0)w_2 + l[R_0 + k\sin\alpha + (r_0 - A)\cos\gamma' + k\sin(\alpha-\gamma')]}{(R_0 + r_0)^2 + l^2} \quad (68)$$

wird.

3. Wenn eine Spur AB in die andere wie in Fig. 19 einmündet, ſo fällt die Weiche in AB weg und mit ihr offenbar auch die Kreuzung. Die zur Berechnung dieſes Falles nöthigen Formeln erhält man aus den in Nr. 1 entwickelten, wenn in ihnen der eine Werth von k, welcher dem Kreuzungsſtück der Spur AB entſpricht, Null geſetzt wird. Dadurch ergibt ſich

$$w_3 = \sqrt{4r_0^2 + l^2 - (r_0(1+\cos\gamma') + (k\sin\alpha - A\cos\gamma')^2}$$

$$(qb_0) = k\cos\alpha + (r_0 - A)\sin\gamma' + w_3 \quad . \quad (69)$$

$$\sin\gamma = \frac{2r_0w_0 + l(r_0(1+\cos\gamma') + k\sin\alpha - A\cos\gamma')}{4r_0^2 + l^2} \quad . \quad (70)$$

4. Dabei iſt vorausgeſetzt, daß die Halbmeſſer gleich ſind; werden dieſelben aber ungleich, ſo wird aus Nr. 2, indem man wiederum dasjenige k, welches dem zu AB gehörigen Kreuzungsſtück entſpricht, Null ſetzt, erhalten:

$$w_3 = \sqrt{(R_0 + r_0)^2 + l^2 - (R_0 + k\sin\alpha + (r_0 - A)\cos\gamma')^2}$$

$$(qb_0) = k\,sos\alpha + (r_0 - A)\sin\gamma' + w_3 \quad . \quad (71)$$

$$\sin\gamma = \frac{(R_0 + r_0)w_3 + l(R_0 + k\sin\alpha + (r_0 - A)\cos\gamma')}{(R_0 + r_0)^2 + l^2} \quad (72)$$

5. Wäre, wie Fig. 20 verſinnlicht, verlangt, daß die zwei Spuren AB und CD in ihren Endpunkten ſo verbunden werden, daß kein Wechſel in Anwendung kommt, ſo erhält man die Werthe für (qb_0) und $\sin\gamma$ aus den obigen von (69) bis (72), wenn alle k gleich Null geſetzt werden; und zwar iſt für den Fall gleicher Halbmeſſer:

$$w_4 = \sqrt{4r_0^2 + l^2 - (r_0(1+\cos\gamma') - A\cos\gamma')^2}$$

$$(qb_0) = (r_0 - A)\sin\gamma' + w_4 \quad \ldots \quad (73)$$

$$\sin\gamma = \frac{2r_0w_0 + l[r_0(1+\cos\gamma') - A\cos\gamma']}{4r_0^2 + l^2} \quad \ldots \quad (74)$$

und für den Fall ungleicher Halbmeſſer:

$$w_5 = \sqrt{(R_0 + r_0)^2 + l^2 - (R_0 + (r_0 - A)\cos\gamma')^2}$$

$$(qb_0) = (r_0 - A)\sin\gamma' + w_5 \quad \ldots \quad (75)$$

$$\sin\gamma = \frac{(R_0 + r_0)w_5 + l(R_0 + (r_0 - A)\cos\gamma')}{(R_0 + r_0)^2 + l^2} \quad \ldots \quad (76)$$

Dieſe Formeln werden für alle praktiſchen Fälle der Abtheilung (B) ausreichen.

Digitized by Google

C. Die zu verbindenden Geleiſe ſind koncentriſche Kreisbögen (Fig. 21).

Sollen hier die Kreuzungswinkel der beiden Ausweichen einander gleich ſein, ſo können die Geleiſe der zwiſchen den beiden Weichen zu legenden Spur nie gerade ausfallen; und führt man die Bedingung ein, daß die Kreuzungswinkel den als normal angenommenen gleich ſein ſollen, ſo muß man im Allgemeinen gekrümmte Geleiſe zur Verbindungsſpur wählen.

Wenn die gegenſeitige Lage der Kreuzungspunkte k und k bekannt iſt, ſo laſſen ſich die Ausweichungen nach Anleitung des vorigen Abſchnittes anlegen. Nur muß man vorher in die krummen Hauptgeleiſe an den Stellen k und k gerade Stücke von der Länge der gegoſſenen Kreuzungstheile nach Seite 356 einſchalten. Weil aber durch dieſe Anordnung der Hauptſpuren die Lage der Punkte k, k ungeändert bleibt und auch die Verbindungsſpur nicht alterirt wird, ſo wird man zuerſt dieſe Punkte beſtimmen, ohne daß vorher die Einſchaltung ſtattgefunden hat.

Die krummen Geleiſe der Verbindung dürfen nicht die der innern Hauptſpur angehörigen geraden Kreuzungsſtücke direkt berühren, ſondern es muß ſich dazwiſchen noch ein gerader Theil l m befinden, welcher lang genug iſt einen ganzen Wagen aufzunehmen. Dieſe Vorſicht, welche bei S Kurven nie außer Acht gelaſſen werden darf, iſt ſchon weiter oben begründet worden. Die Länge des geraden Stückes muß mindeſtens 10 Fuß betragen; kann man mehr nehmen, ſo iſt es deſto beſſer.

Die zu löſende Aufgabe beſteht nun darin: einen Kreis zu ſuchen, der die Geraden k n und m, l, in den Punkten n und l, berührt. Dieſer Kreis findet ſich aber leicht, wenn man jenen kennt, der dieſe Geraden in k und h berührt, wobei (k n) = (l, h) = k iſt; und der letztere Kreis ergibt ſich, wenn man den Pfeil der Sekante, welche die verlängerte l n, mit dem inneren Strange der äußern Spur bildet, und die Lage des Punktes h oder deſſen Entfernung von der Sekantenmitte aufſucht.

Um dieſe Längen zu erhalten, hat man zunächſt für die Pfeilhöhe der Sekante, die von der verlängerten l n mit dem äußeren Strange der inneren Spur gebildet wird, wenn r_1 der Halbmeſſer dieſes Geleiſes iſt: $r_1 (1 - \cos \alpha)$. Bezeichnet A die Spurentfernung von Mitte zu Mitte, ſo iſt der Pfeil jener Sekante, welche durch die verlängerte h n, mit dem inneren Geleiſe der äußeren Spur gebildet wird, um $(A - 2a)$ länger als dieſer; daher

$$p = r_1 (1 - \cos \alpha) + A - 2a \quad \ldots \quad (77)$$

Die Entfernung des Punktes h vom Mittelpunkte dieſer Sekante ergibt ſich, wenn man zur halben Sekante der verlängerten l k und des äußeren Stranges des inneren Geleiſes, deren Länge $r_1 \sin \alpha$ iſt, die Länge h k, addirt, wobei k k, ſenkrecht auf h n' ſteht. Die Länge von h k läßt ſich für jeden Fall aus der gegebenen Länge von l n, berechnen, wenn man von dieſer die Länge 2 k ſubtrahirt. Iſt daher $(l n_1) = l$, ſo iſt die geſuchte Entfernung zwiſchen h und der Sehnenmitte gleich

$$d = r_1 \sin \alpha + l - 2k \quad \ldots \quad (78)$$

Man bekommt demnach in Fig. 22 einen Bogen h k zu ſuchen, der einen gegebenen Kreis unter dem gegebenen Winkel α ſchneidet und die beſtimmte Sehne im Punkte h berührt. Hierbei iſt

$$(o c)^2 = (o k)^2 + (c k)^2 - 2 (o k) (c k) \cos \alpha$$
$$= r^2 + \rho^2 - 2 r \rho \cos \alpha$$

und ferner

$$(o c)^2 = (o q)^2 + (c q)^2 = d^2 + (r - \rho - p)^2;$$

demnach auch

$$r^2 + \rho^2 - 2 r \rho \cos \alpha = d^2 + (r - \rho - p)^2$$

woraus folgt:

$$2 \rho = \frac{(2 r - p) p - d^2}{p - r (1 - \cos \alpha)} \quad \ldots \quad (79)$$

Wird o s ſenkrecht auf c k gezogen, ſo iſt $o s = \rho \sin \alpha$, und

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{(o s)}{(s c)} = \frac{\rho \sin \alpha}{r - \rho \cos \alpha} \quad \ldots \quad (80)$$

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{(o q)}{(c q)} = \frac{d}{r - \rho - p} \quad \ldots \quad (81)$$

Da $\delta = \gamma - \beta$ und $\varepsilon = \delta - \alpha$, ſo hat man weiter:

$$\varepsilon = \gamma - \beta - \alpha \quad \ldots \quad (82)$$

Mit Hilfe von ε findet man die Sehne

$$(h k) = 2 \rho \sin \tfrac{\varepsilon}{2} \quad \ldots \quad (83)$$

und die auf ihr ſenkrecht ſtehende Gerade

$$(t f) = r \operatorname{tg} \tfrac{1}{2} \varepsilon \cdot \sin \tfrac{1}{2} \varepsilon \quad \ldots \quad (84)$$

Hat man h k berechnet, ſo iſt die gegenſeitige Lage von k und k offenbar auch bekannt, und durch t ſind die beiden Tangenten beſtimmt.

Endlich findet man noch den Halbmeſſer ρ_1 des Bogens n l, (Fig. 21) wie folgt. Es iſt

$$\rho \operatorname{tg} \tfrac{1}{2} \varepsilon = \rho_1 \operatorname{tg} \tfrac{1}{2} \varepsilon + (k n) = \rho_1 \operatorname{tg} \tfrac{1}{2} \varepsilon + k;$$

Digitized by Google

folglich

$$\varrho_1 = \varrho - k \operatorname{cotg} \tfrac{1}{2}\varepsilon \quad \ldots\ldots (85)$$

Mit Hilfe dieſer Reſultate iſt das Abſtecken der Verbindungsſpur leicht auszuführen, und weil man auch die Punkte k und k hat, ſo ſind nach dem vorigen Abſchnitt auch die beiden Ausweichen leicht zu berechnen und anzulegen. Es iſt wohl von ſelbſt klar, daß, wenn die eine Spur in die andere einmünden ſoll, dieſe Reſultate ebenfalls brauchbar ſind. Der Werth von k, welcher der wegfallenden Weiche entſpricht, kann aber auch oder ſoll vielmehr gleich Null geſetzt werden.

Wenn die Halbmeſſer der gegebenen Spur nicht ſehr groß ſind, ſo kann vielfach der Fall eintreten, daß die Ausweichgeleiſe in der äußeren Spur nach einem zu kleinen und deshalb unzuläſſigen Krümmungshalbmeſſer angelegt werden müßten. In ſolchen Fällen ſind in die gegebenen Spuren gerade Stücke einzuſchalten.

Fig. 23. Sind bei b auf der inneren Spur die Berührungspunkte des Wechſels gegeben, ſo denkt man an dieſer Stelle der Spur tangenziell die geraden Geleiſe b M angelegt. Aus dieſen Geleiſen tritt dann bei m die Ausweiche b k unter dem Winkel α aus, die Spur m b_1 wird beliebig lang gerade fortgeführt und zwiſchen den geraden Geleiſen m b_1 und der innern Spur die Verbindung durch die Kurve $b_1 b_2$ hergeſtellt. Zu den geraden Geleiſen m b_1 legt man in derſelben Entfernung A, um welche die koncentriſchen Spuren abſtehen, die parallelen Schienenſtränge $b_3 b_4$ an, welche von den Geleiſen b M unter dem Winkel α geſchnitten werden. Alsdann bewerkſtelligt man zwiſchen ihnen die Zuſammenmündung durch die Weiche $k_1 b_5$ und den Uebergang zwiſchen der geraden und der äußern koncentriſchen Spur durch die Kurve $b_3 b_6$ und $b_4 b_7$. Um die zur Ausſteckung nöthigen Längen zu berechnen, zieht man die Gerade b s parallel mit m b_1, wodurch die in ihrer Mitte errichtete Senkrechte

$$(h h_1) = (b t) \sin \alpha \quad \ldots\ldots (86)$$

wird, wenn

$$(b t) = r_0 \operatorname{tg} \tfrac{1}{2}\alpha = (r - \tfrac{1}{2}a) \operatorname{tg} \tfrac{1}{2}\alpha$$

iſt. Der Werth für r iſt aus den Gleichungen (2) zu entnehmen; denn r_0 ſtellt den Achſenhalbmeſſer der Ausweichſpur dar und iſt folglich $= r - \frac{1}{2}a$.

Ferner iſt $(h p) = R_0 (1 - \cos \alpha)$ und $(h_1 p) = (h p) - (h h_1)$. Setzt man für (hp) und $(h h_1)$ die ſo eben angegebenen Werthe, ſo kommt nach einfacher Reduktion:

$$(h_1 p) = (R_0 - r_0)(1 - \cos \alpha) \quad \ldots\ldots (87)$$

Da aber auch $(p h_3) = (h_1 h_2) = A$ iſt, ſo muß nothwendig auch

$$(h_2 h_3) = (R_0 - r_0)(1 - \cos \alpha) \quad \ldots\ldots (88)$$

ſein.

Bezeichnet man dieſen Werth von $(h_2 h_3)$ mit p, und die Entfernung $h_2 b_4$, die den Umſtänden gemäß angenommen wird, mit d, ſo findet ſich der Halbmeſſer des Bogens $b_4 b_7$ aus der Gleichung (79), wenn man in derſelben $\alpha = o$ und $r = R_0 + A$ ſetzt, mittelſt der Gleichung

$$\varrho = \frac{(2 R_0 + 2 A - p) p - d^2}{2 p} \quad \ldots\ldots (89)$$

Der Winkel γ ergibt ſich entweder aus

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{d}{(R_0 - A) - \varrho - p} \text{ oder } \sin \gamma = \frac{d}{R_0 - A - \varrho} \quad (90)$$

und es iſt die Entfernung

$$(b_4 b_7) = (h k) = 2 \varrho \sin \tfrac{1}{2} \gamma = s \ldots (91)$$

während die Tangenten des Bogens $(b_4 b_7)$ gleich

$$t = \varrho \operatorname{tg} \tfrac{1}{2} \gamma \quad \ldots\ldots (92)$$

werden. Sind dieſe Größen berechnet, ſo macht das Abſtecken der Kurve $b_4 b_7$ keine Schwierigkeiten mehr.

Es verſteht ſich von ſelbſt, daß die Kurve $b_3 b_6$ und $b_1 b_2$ in derſelben Weiſe berechnet werden, und daß die Tangenten

$$t m = t b = t_1 m_1 = t_1 b_5 = r_0 \operatorname{tg} \tfrac{1}{2} \alpha$$

ſind. Zieht man t' f ſenkrecht auf $t b_1$, ſo wird

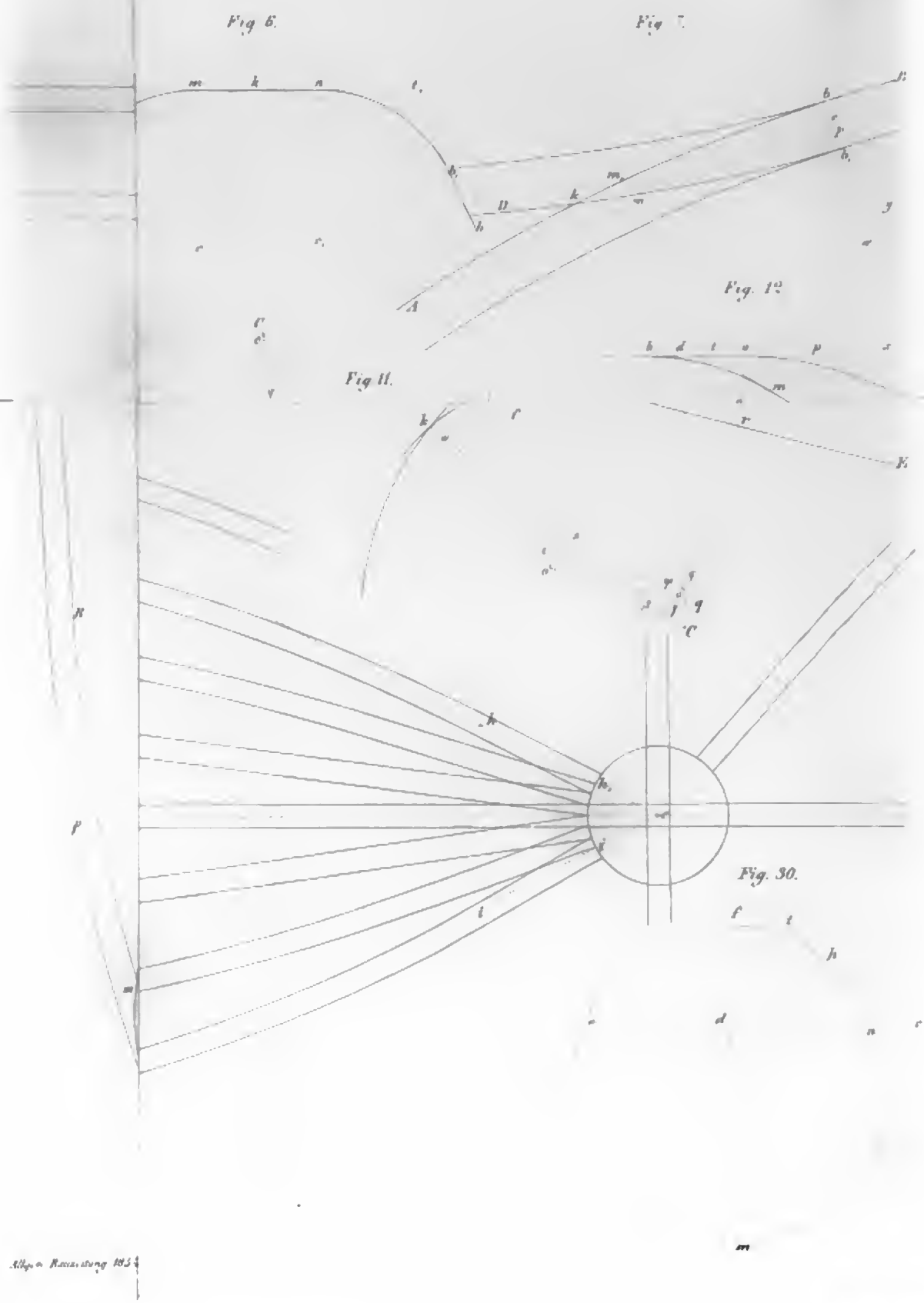
$$t f = A \operatorname{cotg} \alpha$$

Dieſe Dimenſion iſt zur Abſteckung der beiden Ausweichen erforderlich; was ſonſt dazu nöthig iſt, ergibt ſich aus dem erſten Abſchnitte.

Wäre die Aufgabe geſtellt: eine gekrümmte Spur ſo abzulenken, daß ſie mit ihrem erſten Theile koncentriſch bleibt, ſo kann man beide Arten von Reſultaten benützen; nur iſt es dann unnütz, die geraden Kreuzungsſtücke beizubehalten. Man ſetzt dieſelben alſo gleich Null.

Dieſer Aufgabe läßt ſich übrigens noch auf mehrere Arten ſehr einfach genügen. Legt man nämlich wie in Fig. 24 an die innere Spur die geraden Geleiſe b M, welche ſie in b berühren, und bewerkſtelligt den Uebergang in die andere Kurve durch die krummen Geleiſe M b_1, ſo erhält man immer ganz bequeme Wege. In der Rechnung ſucht man zuerſt den Pfeil, welcher die verlängerte Achſe von b M als Sekante und die

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

kreisförmig verlängerte Achſe der äußeren Spur zum Bogen hat. Iſt dieſer Pfeil = p und bezeichnet man die beliebige Länge b M mit D, ſo findet man die übrigen nothwendigen Größen durch die Gleichungen (89) und (90).

Um die übrigen Fragen, die bei der Abſteckung von Verbindungsſpuren vorkommen können, zu beantworten, hat man nur noch den folgenden Fall zu unterſuchen.

D. Das eine Geleiſe iſt gerade, das andere gekrümmt.

Fig. 25. Es iſt eine gerade Spur A B gegeben, welche ſich an eine kreisförmige anſchließt. Außerdem iſt eine andere gerade Bahn E F vorhanden, welche mit der Spur A B den beliebigen Winkel φ bildet. Man ſoll eine neue kreisförmige Spur (h k) anlegen, welche die gerade E F an der Stelle h berührt und die Kurve B C unter einem gegebenen Winkel α ſchneidet. Der Punkt h iſt durch die Länge des zu E F gehörigen Perpendikels h g = A und den durch dieſen Perpendikel erzeugten Abſchnitt (g B) = B gegeben.

Fällt man von C aus auf E F den ſenkrechten Halbmeſſer c p und berechnet den entſtandenen Theil (p r) = p und die Länge (r h) = d, ſo liefern die Gleichungen (79) bis (85) die hieher gehörigen Reſultate, während die Werthe für d und p ſich wie folgt ergeben.

Wird der Halbmeſſer C B und durch B die i i_1 ∥ E F gezogen, ſo iſt ($i\,i_1$) = (i B) + (B i_1) = d; demnach auch

$$d = B\cos\varphi + r\sin\varphi \quad \ldots\ldots \quad (93)$$

Ferner iſt (r p) = (r i) + (i, p) = (h g) + (g i) + (i, p) = p, alſo

$$p = A + B\sin\varphi + r(1-\cos\varphi) \quad \ldots\ldots \quad (94)$$

wobei r den Halbmeſſer des inneren Stranges der gegebenen Spur und ρ den Halbmeſſer des äußeren Stranges der geſuchten Spur vorſtellt.

Iſt der Winkel φ kleiner als α, ſo kann offenbar der Fall eintreten, daß p kleiner wird als r (1 − cos α). Alsdann wird aber der Halbmeſſer ρ negativ. Dieſes ſtimmt aber mit der Wirklichkeit überein, weil in dieſem Falle (Fig. 26) der Mittelpunkt des Bogens (k k) auf die andere Seite der Geraden E F fällt. Es iſt demnach wichtig auf das Vorzeichen des Reſultates zu ſehen.

Wird der Werth von ρ negativ, ſo ſtellt dieſer Buchſtabe nicht mehr den Halbmeſſer des äußern, ſondern den des innern Stranges vor, wie man ſich aus der Figur leicht deutlich machen kann.

Es iſt wohl von ſelbſt klar, daß auch der Halbmeſſer ρ der gegebene ſein kann, während r der geſuchte iſt. Man darf dann nur die Gleichung (79) nach r auflöſen. In dieſem Falle ergibt ſich, wenn man für p und d die in Gl. (93) und (94) enthaltenen Werthe ſetzt,

$$2r = \frac{2\rho(A + B\sin\varphi) + (A^2 + 2AB\sin\varphi + B^2)}{A\cos\varphi - \rho(\cos\alpha - \cos\varphi)} \quad (95)$$

Der zum Bogen (Bk) gehörige Winkel iſt $\downarrow = \varepsilon + \alpha - \varphi$, wobei ſich ε nach den Gleichungen (80) bis (82) beſtimmen läßt.

Erreicht in dem Ausdrucke für 2 r der Winkel φ eine gewiſſe Größe, ſo wird der Nenner negativ und mit ihm auch der Halbmeſſer r. In dieſem Falle erhalten die Spuren die Lage in Fig. 27.

Bei den Verbindungsſpuren kann es ſehr leicht vorkommen, daß ſie mit den Ausweichſpuren wie in Fig. 26 S Kurven bilden. In ſolchen Fällen ſoll aber ein gerades Stück von mindeſtens 14 Fuß zwiſchen den Bögen liegen, d h. zum geraden Kreuzungsſtück muß noch eine Ergänzung von mindeſtens 7 Fuß kommen. Der Endpunkt C des geraden Stücks liegt dann $10^1/_2{}'$ vom Kreuzungspunkte entfernt. Bei Berechnung des geſuchten Bogens verfährt man in folgender Weiſe.

Wenn h (Fig. 28) wieder der Punkt auf der geraden Spur E F iſt, in welchem der geſuchte Bogen berühren ſoll, ſo nimmt man für's Erſte einen anderen Punkt h, auf der Linie E F an, der um das gerade Stück, welches in minimo 10,5′ betragen ſoll, mehr gegen den Punkt E zu liegt, und ſucht für dieſen Punkt h, mit den eben angegebenen Reſultaten denjenigen Kreisbogen, der in h, berührt und die gegebene Kurve unter dem beſtimmten Winkel $\downarrow$ ſchneidet. Iſt der zugehörige Halbmeſſer = r, ſo ſind die Tangenten jenes Bogens = r tg $\downarrow$. Der wirklich anzuwendende Kreisbogen hat aber dann Tangenten, die um das gerade Stück kürzer ſind. Bezeichnet man dieſe Länge des geraden Stücks mit l, ſo ergibt ſich für die letztern Tangenten der Ausdruck: r tg $\downarrow$ − l; und es iſt demnach der Halbmeſſer des geſuchten Bogens

$$r_1 = (r\,\mathrm{tg}\downarrow - l)\cot\downarrow = r - l\cot\downarrow \quad (96)$$

Nach Anleitung dieſer Bemerkungen ſind derartige Aufgaben leicht zu löſen.

Wenn der Berührungspunkt h nicht auf der gegebenen Geraden, ſondern der Kreuzungspunkt k in ge-

Digitized by Google

krümmter Spur bedingt iſt, ſo wird die Berechnung und Abſteckung wieder ſehr einfach.

Denke man ſich nämlich durch den Punkt k eine Gerade k t gelegt, die den Bogen unter dem Winkel α trifft und die Gerade F C im Punkte t ſchneidet, ſo iſt der Winkel bei t leicht durch $\varphi, \alpha, \downarrow$ zu beſtimmen, da die Lage von k gegeben und mit ihr $\downarrow$ bekannt iſt. Die Entfernung von t bis zum Fußpunkt p der Senkrechten (B p) läßt ſich leicht berechnen, aber auch durch genaues Viſiren leicht und ſchnell beſtimmen. Iſt t bekannt, ſo wählt man ſich die Länge der Tangenten den Umſtänden gemäß, trägt ſie von t nach k und E hin ab und berechnet ſie aus dem Winkel der Tangenten der Halbmeſſer des Bogens. Iſt der Winkel dieſes Bogens $= \alpha$ und die angenommene Tangentenlänge $= t$, ſo iſt der geſuchte Halbmeſſer

$$\varrho = t \cot \tfrac{1}{2}\alpha.$$

E. Die zu verbindenden Geleiſe ſind excentriſche Kreisbögen.

Wenn die Aufgabe zu löſen wäre: zwei nach beliebigen Kreisbögen angelegte Spuren durch ein Geleiſe zu verbinden, ſo müßte jedenfalls in einer der Spuren der Kreuzungspunkt gegeben ſein oder angenommen werden. Iſt dieſer aber bekannt und man legt durch ihn eine Gerade von der Beſchaffenheit, daß ſie das Geleiſe, in welchem k gegeben iſt, unter dem gegebenen Winkel ſchneidet, ſo hat man die ganze Berechnung auf die Löſung der zuletzt behandelten Aufgaben zurückgeführt, darauf nämlich: eine Spur aufzuſuchen, die eine Gerade in einem gewiſſen Punkt berührt und eine gegebene gekrümmte Spur unter einem beſtimmten Winkel ſchneidet.

Durch vorſtehende Mittheilungen wird faſt Alles gegeben ſein, was zur Berechnung der Verbindungsſpuren erforderlich iſt. Sind auch nicht alle möglichen Aufgaben einzeln durchgeführt, ſo finden ſie doch in den verſchiedenen hier behandelten Gruppen ihren Platz und können bei einiger Ueberlegung leicht in dieſelben eingereiht werden.

III. Von der Anlage der Drehſcheiben.

Dieſer Abſchnitt iſt an geometriſchen Aufgaben ärmer als die vorhergehenden, denn es kommt hier nur eine einzige Aufgabe in Betracht. Sollen nämlich (Fig. 29) mehrere Spuren, die von Remiſen, Ladehallen oder Rampen ausgehen, ſo geführt werden, daß ſie ſämmtlich an ein und derſelben Drehſcheibe münden, ſo kann die Entfernung der Drehſcheiben von dieſen Objekten nicht ganz beliebig gewählt werden. Dieſe Entfernung muß vielmehr groß genug ſein, damit die vorkommenden Kurven der Geleiſe nicht die noch zuläſſige ſtärkſte Krümmung überſchreiten; es darf aber auch dieſelbe wegen der vorkommenden Kreuzungen, welche vor den Drehſcheiben entſtehen, nicht zu groß ausfallen, damit jene nicht zu ſpitz werden müſſen. Außerdem iſt darauf zu achten, daß kein unnützer Umweg gemacht und der gegebene Raum möglichſt gut benützt werde.

Fig. 29. Die Entfernung des Mittelpunkts c der Drehſcheibe von der Linie a b beſtimmt ſich aus der Entfernung d f oder d g, aus den Halbmeſſern der äußerſten Geleiſe f k oder g i, und aus der Länge der geraden Stücke (h h,) + (h, c). Die Länge h h, oder i i, ſoll ſo groß ſein, daß ein Wagen auf ihr Platz findet.

Bezeichnet man den Krümmungshalbmeſſer der Kurve f h mit R, die Entfernung d f mit A, jene von d c mit X, und die Länge h c mit L: ſo hat man (nach Fig. 30) einen gegebenen Kreis, zu demſelben eine Sekante, deren Pfeil $A = f d$ iſt, und es ſoll die Entfernung $X = d c$ ſo gewählt werden, daß die Länge der Tangente $c h = L$ wird.

$$\text{Da } (e d)^2 = (f d)\,(d m) = A(2R - A)$$
$$(e c) = (e d) + (d c) = \sqrt{A(2R - A)} + X$$
$$(c n) = (c d) - (n d) = X - \sqrt{A(2R - A)}$$

und $(h c)^2 = (e c)\,(c n)$

ſo iſt auch

$$[\sqrt{A(2R - A)} + X]\,[X - \sqrt{A(2R - A)}] = L^2$$

woraus folgt:

$$X = \sqrt{L^2 + A(2R - A)} \quad \ldots \quad (97)$$

Wäre A, L, X gegeben und R geſucht, ſo hätte man

$$R = \frac{X^2 + A^2 - L^2}{2A} \quad \ldots \quad (98)$$

Zur Abſteckung der Kurve f h iſt es ſehr bequem, die Länge der Tangenten t f und t h zu kennen. Dazu bedarf man aber den Winkel t c d. Setzt man dieſen Winkel $= \alpha$, ſo iſt offenbar

$$X = R \sin \alpha + l \cos \alpha,$$

woraus ſich ergibt:

$$\sin \alpha = \frac{RX - L(2R - A)}{R^2 + L^2} = \frac{R\sqrt{L^2 + A(2R - A)} - L(2R - A)}{R^2 + L^2} \quad \ldots (99)$$

Die Tangentenlänge t iſt durch

$$t = R \operatorname{tg} \tfrac{1}{2}\alpha \quad \ldots \quad (100)$$

Digitized by Google

ausgedrückt, und die Halbmeſſer der Spuren f, e und g, e berechnen ſich offenbar nach Gleichung (98), weil dabei f, d = A_1, ſo wie X und L gegeben ſind und R geſucht wird. Der zugehörige Winkel α_1 findet ſich auf dieſelbe Weiſe wie α durch entſprechende Subſtituzion in die Gleichung (99).

Von großer Wichtigkeit iſt es endlich, die Kreuzungswinkel anzugeben, unter welchen ſich die Geleiſe oder vielmehr deren Schienenſtränge treffen. Dieſes kann aber ſehr leicht geſchehen. Hat man nämlich vorher für jede Spur den zugehörigen Winkel α berechnet, ſo erhält man den Kreuzungswinkel leicht durch Subtrakzion oder Addizion, je nachdem die Lage der Spuren es erfordert. Der Kreuzungswinkel, unter den ſich z. B. die Spuren f e und f, e treffen, wird $\alpha - \alpha_1$.

Dieſe Andeutungen, ſo kurz ſie auch ſind, enthalten doch Alles, was zur Abſteckung oder Projektirung von Drehſcheiben und deren Hilfsgeleiſen nothwendig iſt. Da aber gerade dieſe Theile der Schienenwege oft in Anwendung kommen, ſo lohnt es ſich der Mühe, beſonders den Werth d e = X für verſchiedene Werthe von A im voraus zu berechnen und zuſammenzuſtellen. Dadurch dürfte vielleicht Jenen ein Dienſt erwieſen werden, welche ſich mit dem Projektiren von Spurplänen befaſſen, und zwar deshalb, weil ſie aus einer ſolchen tabellariſchen Zuſammenſtellung ſofort die Möglichkeit einer beabſichtigten Anlage erſehen können, ohne beſondere Rechnungen anſtellen zu müſſen.

Wir haben es für gut gefunden, dergleichen Tabellen ſogleich für gewöhnliche oder kleine und außergewöhnliche oder große Drehſcheiben anzufertigen, und dabei die Werthe von R und L möglichſt klein anzunehmen. Die berechneten Werthe für X, welche ſich aus den Tabellen ergeben, können daher wohl größer aber nie kleiner angenommen werden. Es ſind dieſe Werthe von X von Zoll zu Zoll (0,1'), für A = 0 bis A = 60 Fuß direkt berechnet. Die beigefügten Differenzen in den Kolumnen D der folgenden Tabellen, welche einer Aenderung des A um eine Linie entſprechen, machen es möglich, die Länge von X auch für die zwiſchenliegenden Werthe von A, d. h. für jene Werthe von A, welche bis auf Linien gegeben ſind, zu ſuchen, wie man aus folgendem Beiſpiele erſehen kann.

Iſt für eine kleine Drehſcheibe A = 15,17', ſo findet man aus der Tabelle I zunächſt für A = 15,1' den Werth von X = 118,42'. Da aber A um 7 Linien größer iſt als 15,1', ſo kommt zu 118,42' noch die ſiebenfache Differenz 0,037', welche zwiſchen 15,1' und 15',2 angegeben iſt; daher iſt der eigentliche Werth von X, welcher A = 15,17' entſpricht, gleich

$$X = 118{,}42' + 7 \times 0{,}037' = 118{,}679'.$$

Lieſen die Spuren auf eine große Drehſcheibe, ſo fände man aus der Tabelle II zunächſt für A = 15,1' den Werth von X = 126,07' und für A = 15,17'

$$X = 126{,}07' + 7 \times 0{,}038' = 126{,}336'.$$

Für A = 15,19' würde man nur von dem Werthe, welcher A = 15,20' entſpricht und = 126,46' iſt, die Differenz 0,038' abzuziehen haben, um die richtige Länge X = 126,422' zu erhalten.

Wäre aber die Länge von X bekannt und es ſollte der größtmögliche zugehörige Werth von A aufgeſucht werden, ſo würde man ihn wie folgt finden. Iſt für eine kleine Drehſcheibe X = 149,36', ſo findet man aus Tabelle I zunächſt für X = 149,24' den Werth von A = 24,5'. Das gegebene X iſt aber um 0,12' größer als das eben aufgeſuchte; es muß folglich auch A etwas größer werden. Nun wächſt nach der nebenſtehenden Differenztafel A um 0,1', wenn X um 0,29' zunimmt; demnach findet man die Zunahme Z des A aus der Proporzion: 0,29 : 0,12 = 0,1 : Z, woraus Z = 0,041' folgt. Es iſt ſomit der geſuchte Werth von A = 24,541'. — Für große Drehſcheiben wendet man daſſelbe Verfahren auf Tabelle II an. —

Digitized by Google

I. Tabelle,

welche die zu A gehörigen Werthe von X für kleine Drehſcheiben enthält.

A		X	D	A		X	D	A		X	D	A		X	D	A		X	D
F.	Z.	Fuß	Fuß	F.	Z.	Fuß	Fuß	F.	Z.	Fuß	Fuß	F.	Z.	Fuß	Fuß	F.	Z.	Fuß	Fuß
0	1	22,30	0,196	4	1	64,37	0,070	8	1	88,11	0,051	12	1	106,55	0,042	16	1	122,09	0,036
	2	24,15	0,181		2	65,07	0,069		2	88,62	0,051		2	106,97	0,042		2	122,45	0,036
	3	25,97	0,172		3	65,76	0,069		3	89,13	0,050		3	107,99	0,042		3	122,81	0,036
	4	27,69	0,161		4	66,45	0,068		4	89,63	0,050		4	107,81	0,041		4	123,17	0,036
	5	29,30	0,152		5	67,13	0,068		5	90,13	0,050		5	108,22	0,041		5	123,53	0,036
	6	30,82	0,145		6	67,81	0,066		6	90,63	0,050		6	108,63	0,041		6	123,89	0,036
	7	32,27	0,139		7	68,47	0,066		7	91,13	0,049		7	109,04	0,041		7	124,25	0,036
	8	33,66	0,133		8	69,13	0,066		8	91,62	0,049		8	109,45	0,040		8	124,61	0,035
	9	35,00	0,128		9	69,79	0,064		9	92,11	0,049		9	109,85	0,040		9	124,96	0,035
1	0	36,28	0,124	5	0	70,43	0,064	9	0	92,60	0,049	13	0	110,25	0,040	17	0	125,32	0,035
	1	37,52	0,120		1	71,07	0,064		1	93,08	0,048		1	110,65	0,040		1	125,46	0,035
	2	38,72	0,116		2	71,71	0,063		2	93,56	0,048		2	111,05	0,040		2	126,02	0,035
	3	39,88	0,123		3	72,34	0,062		3	94,04	0,048		3	111,45	0,040		3	126,37	0,035
	4	41,01	0,110		4	72,96	0,062		4	94,52	0,048		4	111,85	0,040		4	126,72	0,035
	5	42,11	0,107		5	73,58	0,061		5	95,00	0,047		5	112,25	0,040		5	127,08	0,035
	6	43,18	0,105		6	74,19	0,061		6	95,47	0,047		6	112,65	0,039		6	127,41	0,035
	7	44,23	0,102		7	74,80	0,060		7	95,93	0,047		7	113,04	0,039		7	127,76	0,034
	8	45,25	0,100		8	75,40	0,060		8	96,40	0,046		8	113,43	0,039		8	128,10	0,034
	9	46,25	0,097		9	76,00	0,060		9	96,86	0,046		9	113,82	0,039		9	128,49	0,034
2	0	47,22	0,096	6	0	76,60	0,058	10	0	97,32	0,046	14	0	114,21	0,039	18	0	128,79	0,034
	1	48,18	0,094		1	77,18	0,058		1	97,78	0,046		1	114,60	0,039		1	129,13	0,034
	2	49,12	0,092		2	77,76	0,058		2	98,24	0,046		2	114,99	0,039		2	129,47	0,034
	3	50,04	0,090		3	78,34	0,058		3	98,70	0,045		3	115,38	0,038		3	129,81	0,034
	4	50,94	0,089		4	78,92	0,057		4	99,15	0,045		4	115,76	0,038		4	130,15	0,034
	5	51,83	0,087		5	79,49	0,057		5	99,60	0,045		5	116,14	0,038		5	130,49	0,034
	6	52,71	0,087		6	80,06	0,056		6	100,05	0,045		6	116,52	0,038		6	130,83	0,034
	7	53,57	0,084		7	80,63	0,056		7	100,50	0,044		7	116,90	0,038		7	131,16	0,033
	8	54,41	0,084		8	81,19	0,055		8	100,94	0,044		8	117,28	0,038		8	131,50	0,033
	9	55,25	0,081		9	81,74	0,055		9	101,38	0,044		9	117,66	0,038		9	131,82	0,033
3	0	56,05	0,081	7	0	82,29	0,055	11	0	101,82	0,043	15	0	118,04	0,038	19	0	132,16	0,033
	1	56,86	0,081		1	82,84	0,054		1	102,27	0,043		1	118,42	0,037		1	132,50	0,033
	2	57,67	0,079		2	83,38	0,054		2	102,70	0,043		2	118,79	0,037		2	182,83	0,033
	3	58,46	0,076		3	83,92	0,054		3	103,13	0,043		3	119,16	0,037		3	133,16	0,033
	4	59,22	0,076		4	84,46	0,053		4	103,56	0,043		4	119,53	0,037		4	133,49	0,033
	5	59,98	0,075		5	84,99	0,053		5	103,99	0,043		5	119,90	0,037		5	133,82	0,033
	6	60,73	0,075		6	85,52	0,052		6	104,42	0,043		6	120,27	0,037		6	134,14	0,033
	7	61,48	0,073		7	86,04	0,052		7	104,85	0,043		7	120,74	0,037		7	134,33	0,033
	8	62,21	0,073		8	86,56	0,052		8	105,28	0,043		8	121,01	0,036		8	134,80	0,033
	9	62,94	0,072		9	87,08	0,052		9	105,71	0,042		9	121,37	0,036		9	135,12	0,033
4	0	63,66	0,071	8	0	87,60	0,051	12	0	106,13	0,042	16	0	121,73	0,036	20	0	135,45	0,033

Digitized by Google

A		X	D	A		X	D	A		X	D	A		X	D	A		X	D
R.	B.	Fuß	Fuß	R.	B.	Fuß	Fuß	R.	B.	Fuß	Fuß	R.	B.	Fuß	Fuß	R.	B.	Fuß	Fuß
20	1	135,77		24	6	149,53		29	1	162,01		33	6	173,54		38	1	184,11	
	2	136,09	0,032		7	149,82	0,029		2	162,27	0,027		7	173,79	0,025		2	184,32	0,023
	3	136,41	0,032		8	150,11	0,029		3	162,54	0,026		8	174,04	0,025		3	184,56	0,023
	4	136,73	0,032		9	150,40	0,029		4	162,80	0,026		9	174,29	0,025		4	184,79	0,023
	5	137,05	0,032	25	0	150,69	0,029		5	163,06	0,026	34	0	174,44	0,025		5	185,02	0,023
	6	137,37	0,032		1	150,98	0,029		6	163,33	0,026		1	174,69	0,024		6	185,25	0,023
	7	137,69	0,032		2	151,26	0,029		7	163,59	0,026		2	174,93	0,024		7	185,47	0,023
	8	138,01	0,032		3	151,55	0,029		8	163,85	0,026		3	175,17	0,024		8	185,70	0,023
	9	138,33	0,032		4	151,83	0,029		9	164,11	0,026		4	175,32	0,024		9	185,92	0,023
21	0	138,64	0,032		5	152,12	0,028	30	0	164,37	0,026		5	175,66	0,024	39	0	186,15	0,023
	1	138,96	0,031		6	152,40	0,028		1	164,63	0,026		6	175,91	0,024		1	186,37	0,023
	2	139,27	0,031		7	152,69	0,028		2	164,89	0,026		7	176,14	0,024		2	186,60	0,023
	3	139,86	0,031		8	152,97	0,028		3	165,15	0,026		8	176,38	0,024		3	186,82	0,023
	4	139,90	0,031		9	153,25	0,028		4	165,41	0,026		9	176,61	0,024		4	187,05	0,023
	5	140,21	0,031	26	0	153,54	0,028		5	165,67	0,026	35	0	176,85	0,024		5	187,28	0,623
	6	140,52	0,031		1	153,82	0 028		6	165,93	0,026		1	177,09	0,024		6	187,50	0,022
	7	140,83	0,031		2	154,10	0,028		7	166,19	0,026		2	177,33	0,024		7	187,73	0,022
	8	141,14	0,031		3	154,38	0,028		8	166,45	0,026		3	177,57	0,024		8	187,95	0,022
	9	141,45	0,031		4	154,66	0,028		9	166,74	0,026		4	177,81	0,024		9	188,17	0,022
22	0	141,61	0,031		5	154,94	0,028	31	0	166,97	0,026		5	178,05	0,024	40	0	188,39	0,022
	1	142,07	0,031		6	155,22	0,028		1	167,23	0,026		6	178,28	0,024		1	188,61	0,022
	2	142,38	0,031		7	155,49	0,028		2	167,49	0,026		7	178,52	0,024		2	188,83	0,022
	3	142,68	0,031		8	155,77	0,028		3	167,75	0,026		8	178,75	0,024		3	189,05	0,022
	4	142,99	0,030		9	156,05	0,028		4	168,01	0,025		9	178,88	0,024		4	189,27	0,022
	5	143,29	0,030	27	0	156,33	0,028		5	168,25	0,025	36	0	179,23	0,024		5	189,49	0,022
	6	143,60	0,030		1	156,60	0,028		6	168,51	0,025		1	179,47	0,024		6	189,71	0,022
	7	143,90	0,030		2	156,88	0,027		7	168,75	0,025		2	179,70	0,023		7	189,93	0,022
	8	144,20	0,030		3	157,15	0,027		8	168,99	0,025		3	179,94	0,023		8	190,15	0,022
	9	144,50	0,030		4	157,43	0,027		9	169,24	0,025		4	180,17	0,023		9	190,37	0,022
23	0	144,80	0,030		5	157,70	0,027	32	0	169,49	0,025		5	180,41	0,023	41	0	190,59	0,022
	1	145,11	0,030		6	157,97	0,027		1	169,74	0,025		6	180,64	0,023		1	190,81	0,022
	2	145,41	0,030		7	158,24	0,027		2	169,99	0,025		7	180,87	0,023		2	191,03	0,022
	3	145,70	0,030		8	158,52	0,027		3	170,24	0,025		8	181,11	0,023		3	191,25	0,022
	4	146,00	0,030		9	158,79	0,027		4	170,49	0,025		9	181,34	0 023		4	191,47	0,022
	5	146,30	0,030	28	0	159,06	0,027		5	170,74	0,025	37	0	181,57	0,023		5	191,68	0,022
	6	146,60	0,030		1	159,33	0,027		6	170,99	0,025		1	181,80	0,023		6	191,90	0,022
	7	146,89	0,030		2	159,60	0,027		7	171,25	0,025		2	182,04	0,023		7	192,12	0,022
	8	147,19	0,029		3	159,87	0,027		8	171,49	0,025		3	182,27	0,023		8	192,33	0,022
	9	147,48	0,029		4	160,14	0,027		9	171,74	0,025		4	182,50	0,023		9	192,55	0,022
24	0	147,78	0,029		5	160,41	0,027	33	0	171,99	0,025		5	182,73	0,023	42	0	192,77	0,022
	1	148,08	0,029		6	160,67	0,027		1	172,23	0,025		6	182,96	0,023		1	192,98	0,022
	2	148,38	0,029		7	160,94	0,027		2	172,48	0,025		7	183,19	0,023		2	193,20	0,022
	3	148,66	0,029		8	161,21	0,027		3	172,78	0,025		8	183,42	0,023		3	193,42	0,022
	4	148,95	0,029		9	161,48	0,027		4	173,01	0,025		9	183,65	0,023		4	193,63	0,021
	5	149,24	0,029	29	0	161,74	0,027		5	173,29	0,025	38	0	183,88	0,022		5	193,85	0,021

Digitized by Google

A		X	D	A		X	D	A		X	D	A		X	D	A		X	D
K.	Z.	Fuß	Fuß	K.	Z.	Fuß	Fuß	K.	Z.	Fuß	Fuß	K.	Z.	Fuß	Fuß	K.	Z.	Fuß	Fuß
42	6	194,06		46	1	201,39		49	6	208,41		53	1	215,14		56	6	221,61	
	7	194,27	0,021		2	201,60	0,020		7	208,61	0,020		2	215,33	0,019		7	221,79	0,018
	8	194,49	0,021		3	201,80	0,020		8	208,80	0,020		3	215,52	0,019		8	221,98	0,018
	9	194,70	0,021		4	202,01	0,020		9	209,00	0,020		4	215,71	0,019		9	222,16	0,018
43	0	194,92	0,021		5	202,21	0,020	50	0	209,19	0,020		5	215,89	0,019	57	0	222,34	0,018
	1	195,13			6	202,41			1	209,39			6	216,08			1	222,52	
	2	195,34	0,021		7	202,62	0,020		2	209,58	0,019		7	216,27	0,019		2	222,70	0,018
	3	195,35	0,021		8	202,82	0,020		3	209,78	0,019		8	216,46	0,019		3	222,88	0,018
	4	195,77	0,021		9	203,02	0,020		4	209,97	0,019		9	216,64	0,019		4	223,06	0,018
	5	195,98	0,021	47	0	203,23	0,020		5	210,17	0,019	54	0	216,83	0,019		5	223,24	0,018
	6	196,19			1	203,43			6	210,36			1	217,02			6	223,42	
	7	196,40	0,021		2	203,63	0,020		7	210,56	0,019		2	217,20	0,019		7	223,60	0,018
	8	196,61	0,021		3	203,83	0,020		8	210,75	0,019		3	217,39	0,019		8	223,78	0,018
	9	196,84	0,021		4	204,04	0,020		9	210,94	0,019		4	217,57	0,019		9	223,96	0,018
44	0	197,03	0,021		5	204,24	0,020	51	0	211,14	0,019		5	217,76	0,019	58	0	224,13	0,018
	1	197,34			6	204,44			1	211,33			6	217,95			1	224,31	
	2	197,45	0,021		7	204,64	0,020		2	211,52	0,019		7	218,13	0,019		2	224,49	0,018
	3	197,66	0,021		8	204,84	0,020		3	211,71	0,019		8	218,32	0,019		3	224,67	0,018
	4	197,87	0,021		9	205,04	0,020		4	211,91	0,019		9	218,50	0,019		4	224,85	0,018
	5	198,08	0,021	48	0	205,24	0,020		5	212,10	0,019	55	0	218,69	0,019		5	225,03	0,018
	6	198,29			1	205,44			6	212,29			1	218,87			6	225,20	
	7	198,50	0,021		2	205,64	0,020		7	212,48	0,019		2	219,07	0,018		7	225,38	0,018
	8	198,71	0,021		3	205,84	0,020		8	212,67	0,019		3	219,24	0,018		8	225,56	0,018
	9	198,92	0,021		4	206,04	0,020		9	212,86	0,019		4	219,42	0,018		9	225,74	0,018
45	0	199,12	0,021		5	206,24	0,020	52	0	213,06	0,019		5	219,61	0,018	59	0	225,91	0,018
	1	199,33			6	206,44			1	213,25			6	219,79			1	226,09	
	2	199,54	0,021		7	206,63	0,020		2	213,44	0,019		7	219,97	0,018		2	226,27	0,018
	3	199,75	0,021		8	206,83	0,020		3	213,63	0,019		8	220,16	0,018		3	226,44	0,018
	4	199,95	0,021		9	207,03	0,020		4	213,82	0,019		9	220,34	0,018		4	226,62	0,018
	5	200,16	0,021	49	0	207,23	0,020		5	214,01	0,019	56	0	220,52	0,018		5	226,79	0,018
	6	200,37			1	207,43			6	214,20			1	220,70			6	226,97	
	7	200,57	0,021		2	207,62	0,020		7	214,39	0,019		2	220,89	0,018		7	227,15	0,018
	8	200,78	0,021		3	207,82	0,020		8	214,58	0,019		3	221,07	0,018		8	227,32	0,018
	9	200,98	0,021		4	208,02	0,020		9	214,76	0,019		4	221,25	0,018		9	227,50	0,018
46	0	201,19	0,021		5	208,21	0,020	53	0	214,95	0,019		5	221,43	0,018	60	0	227,67	0,018

Digitized by Google

II. Tabelle,

welche die zu A gehörigen Werthe von X für große Drehscheiben enthält.

A		X	D	A		X	D	A		X	D	A		X	D	A		X	D
R.	B.	Fuß	Fuß	R.	B.	Fuß	Fuß	R.	B.	Fuß	Fuß	R.	B.	Fuß	Fuß	R.	B.	Fuß	Fuß
0	1	33,53		4	1	71,46		8	1	95,18		12	1	113,91		16	1	129,86	
			0,146				0,069				0,052				0,043				0,037
	2	34,99			2	72,16			2	95,69			2	114,34			2	130,23	
			0,141				0,068				0,051				0,043				0,037
	3	36,38			3	72,84			3	96,20			3	114,77			3	130,60	
			0,136				0,067				0,051				0,042				0,037
	4	37,73			4	73,51			4	96,71			4	115,19			4	130,97	
			0,130				0,067				0,051				0,042				0,037
	5	39,04			5	74,18			5	97,22			5	115,61			5	131,34	
			0,125				0,066				0,051				0,042				0,037
	6	40,29			6	74,85			6	97,72			6	116,03			6	131,71	
			0,122				0,066				0,950				0,042				0,037
	7	41,52			7	75,51			7	98,23			7	116,45			7	132,08	
			0,119				0,065				0,050				0,042				0,037
	8	42,70			8	76,16			8	98,72			8	116,87			8	132,45	
			0,115				0,065				0,050				0,042				0,036
	9	43,85			9	76,81			9	99,22			9	117,29			9	132,81	
			0,112				0,064				0,049				0,042				0,036
1	0	44,98		5	0	77,54		9	0	99,71		13	0	117,71		17	0	133,17	
			0,110				0,064				0,049				0,041				0,036
	1	46,07			1	78,09			1	100,20			1	118,12			1	133,54	
			0,107				0,063				0,049				0,041				0,036
	2	47,14			2	78,72			2	100,69			2	118,53			2	133,90	
			0,105				0,063				0,049				0,041				0,036
	3	48,19			3	79,35			3	101,18			3	118,94			3	134,26	
			0,102				0,062				0,048				0,041				0,036
	4	49,21			4	79,97			4	101,66			4	119,35			4	134,62	
			0,100				0,061				0,048				0,040				0,036
	5	50,21			5	80,58			5	102,15			5	119,75			5	134,97	
			0,098				0,061				0,048				0,040				0,036
	6	51,19			6	81,20			6	102,62			6	120,15			6	135,33	
			0,096				0,061				0,048				0,040				0,036
	7	52,16			7	81,80			7	103,10			7	120,55			7	135,69	
			0,095				0,060				0,047				0,040				0,036
	8	53,11			8	82,40			8	103,58			8	120,95			8	136,04	
			0,093				0,060				0,047				0,040				0,035
	9	54,04			9	83,00			9	104,05			9	121,35			9	136,40	
			0,091				0,059				0,047				0,040				0,035
2	0	54,95		6	0	83,59		10	0	104,52		14	0	121,75		18	0	136,74	
			0,090				0,059				0,047				0,040				0,035
	1	55,85			1	84,18			1	104,99			1	122,15			1	137,10	
			0,088				0,059				0,047				0,040				0,035
	2	56,74			2	84,77			2	105,46			2	122,55			2	137,45	
			0,087				0,058				0,046				0,040				0,035
	3	57,61			3	85,35			3	105,92			3	122,95			3	137,80	
			0,086				0,058				0,046				0,040				0,035
	4	58,47			4	85,92			4	106,38			4	123,35			4	138,15	
			0,085				0,057				0,046				0,039				0,035
	5	59,31			5	86,50			5	106,84			5	123,74			5	138,50	
			0,083				0,057				0,046				0,039				0,035
	6	60,14			6	87,07			6	107,29			6	124,13			6	138,85	
			0,083				0,057				0,046				0,039				0,035
	7	60,98			7	87,63			7	107,75			7	124,52			7	139,19	
			0,080				0,056				0,045				0,039				0,035
	8	61,78			8	88,19			8	108,20			8	124,91			8	139,54	
			0,080				0,056				0,045				0,039				0,034
	9	62,57			9	88,75			9	108,65			9	125,30			9	139,88	
			0,078				0,055				0,045				0,039				0,034
3	0	63,36		7	0	89,30		11	0	109,10		15	0	125,69		19	0	140,22	
			0,077				0,055				0,045				0,039				0,034
	1	64,14			1	89,85			1	109,54			1	126,07			1	140,57	
			0,076				0,055				0,045				0,038				0,034
	2	64,91			2	90,40			2	109,99			2	126,46			2	140,91	
			0,075				0,054				0,044				0,038				0,034
	3	65,67			3	90,94			3	110,43			3	126,84			3	141,25	
			0,075				0,054				0,044				0,038				0,034
	4	66,42			4	91,48			4	110,87			4	127,22			4	141,59	
			0,074				0,054				0,044				0,038				0,034
	5	67,17			5	92,02			5	111,31			5	127,60			5	141,93	
			0,074				0,053				0,044				0,038				0,034
	6	67,90			6	92,55			6	111,75			6	127,98			6	142,27	
			0,073				0,053				0,044				0,038				0,034
	7	68,63			7	93,08			7	112,19			7	128,36			7	142,60	
			0,072				0,053				0,043				0,038				0,034
	8	69,35			8	93,61			8	112,62			8	128,74			8	142,94	
			0,072				0,053				0,043				0,038				0,034
	9	70,06			9	94,14			9	113,05			9	129,12			9	143,28	
			0,071				0,052				0,043				0,037				0,033
4	0	70,78		8	0	94,66		12	0	113,48		16	0	129,49		20	0	143,61	
			0,070				0,052				0,043				0,037				0,033

Digitized by Google

A		X	D	A		X	D	A		X	D	A		X	D	A		X	D
K.	3.	Fuß	Fuß	K.	3.	Fuß	Fuß	K.	3.	Fuß	Fuß	K.	3.	Fuß	Fuß	K.	3.	Fuß	Fuß
20	1	143,94		24	6	158,17		29	1	171,11		33	6	183,02		38	1	194,09	
			0,033				0,030				0,027				0,026				0,024
	2	144,28			7	158,47			2	171,38			7	183,28			2	194,33	
			0,033				0,030				0,027				0,026				0,024
	3	144,61			8	158,77			3	171,65			8	183,54			3	194,57	
			0,033				0,030				0,027				0,026				0,024
	4	144,94			9	159,07			4	171,93			9	183,78			4	194,81	
			0,033				0,030				0,027				0,026				0,024
	5	145,27		25	0	159,37			5	172,20		34	0	183,91			5	195,04	
			0,033				0,030				0,027				0,026				0,024
	6	145,60			1	159,67			6	172,47			1	184,30			6	195,38	
			0,033				0,030				0,027				0,026				0,024
	7	145,93			2	159,97			7	172,74			2	184,58			7	195,52	
			0,033				0,030				0,027				0,026				0,024
	8	146,26			3	160,26			8	173,01			3	184,77			8	195,75	
			0,033				0,030				0,027				0,026				0,024
	9	146,57			4	160,56			9	173,28			4	185,05			9	195,99	
			0,033				0,029				0,027				0,026				0,024
21	0	146,91			5	160,85		30	0	173,55			5	185,22		39	0	196,21	
			0,033				0,029				0,027				0,026				0,024
	1	147,24			6	161,15			1	173,83			6	185,58			1	196,46	
			0,033				0,029				0,027				0,026				0,023
	2	147,56			7	161,44			2	174,10			7	185,76			2	196,69	
			0,032				0,029				0,027				0,026				0,023
	3	147,89			8	161,74			3	174,37			8	186,01			3	196,93	
			0,032				0,029				0,027				0,026				0,023
	4	148,21			9	162,03			4	174,64			9	186,29			4	197,16	
			0,032				0,029				0,027				0,026				0,023
	5	148,53		26	0	162,32			5	174,91		35	0	186,54			5	197,39	
			0,032				0,029				0,027				0,025				0,023
	6	148,85			1	162,61			6	175,18			1	186,79			6	197,63	
			0,032				0,029				0,027				0,025				0,023
	7	149,17			2	162,90			7	175,45			2	187,04			7	197,86	
			0,032				0,029				0,027				0,025				0,023
	8	149,50			3	163,19			8	175,72			3	187,29			8	198,09	
			0,032				0,029				0,027				0,025				0,023
	9	149,81			4	163,48			9	175,98			4	187,54			9	198,32	
			0,032				0,029				0,027				0,025				0,023
22	0	150,13			5	163,77		31	0	176,25			5	187,79		40	0	198,56	
			0,032				0,029				0,027				0,025				0,023
	1	150,45			6	164,06			1	176,51			6	188,03			1	198,79	
			0,032				0,029				0,027				0,025				0,023
	2	150,77			7	164,35			2	176,78			7	188,28			2	199,02	
			0,032				0,029				0,027				0,025				0,023
	3	151,09			8	164,65			3	177,04			8	188,53			3	199,25	
			0,032				0,029				0,027				0,025				0,023
	4	151,40			9	164,93			4	177,31			9	188,77			4	199,48	
			0,031				0,029				0,027				0,025				0,023
	5	151,72		27	0	165,21			5	177,58		36	0	189,01			5	199,71	
			0,031				0,029				0,027				0,025				0,023
	6	152,03			1	165,50			6	177,84			1	189,26			6	199,94	
			0,031				0,029				0,026				0,025				0,023
	7	152,34			2	165,78			7	178,08			2	189,51			7	200,17	
			0,031				0,028				0,026				0,025				0,023
	8	152,65			3	166,07			8	178,36			3	189,75			8	200,40	
			0,031				0,028				0,026				0,025				0,023
	9	152,96			4	166,35			9	178,63			4	190,00			9	200,63	
			0,031				0,028				0,026				0,024				0,023
23	0	153,28			5	166,64		32	0	178,89			5	190,24		41	0	200,86	
			0,031				0,028				0,026				0,024				0,023
	1	153,59			6	166,92			1	179,15			6	190,48			1	201,09	
			0,031				0,028				0,026				0,024				0,023
	2	153,90			7	167,20			2	179,41			7	190,73			2	201,31	
			0,031				0,028				0,026				0,024				0,023
	3	154,21			8	167,48			3	179 67			8	190,97			3	201,54	
			0,031				0,028				0,026				0,024				0,023
	4	154,52			9	167,75			4	179,94			9	191,21			4	201,77	
			0,031				0,028				0,026				0,024				0,023
	5	154,83		28	0	168,05			5	180,20		37	0	191,46			5	201,99	
			0,031				0,028				0,026				0,024				0,023
	6	155,14			1	168,33			6	180,46			1	191,70			6	202,22	
			0,031				0,028				0,026				0,024				0,023
	7	155,44			2	168,61			7	180,78			2	191,94			7	202,45	
			0,031				0,028				0,026				0,024				0,023
	8	155,75			3	168,89			8	180,97			3	192,19			8	202,67	
			0,031				0,028				0,026				0,024				0,023
	9	156,05			4	169,17			9	181,23			4	192,42			9	202,90	
			0,030				0,028				0,026				0,024				0,023
24	0	156,36			5	169,45		33	0	181,48			5	192,66		42	0	203,13	
			0,030				0,028				0,026				0,024				0,023
	1	156,66			6	169,72			1	181,74			6	192,90			1	203,35	
			0,030				0,028				0,026				0,024				0,023
	2	156,97			7	170,00			2	182,00			7	193,14			2	203,58	
			0,030				0,028				0,026				0,024				0,022
	3	157,27			8	170,28			3	182,26			8	193,38			3	203,80	
			0,030				0,028				0,026				0,024				0,022
	4	157,57			9	170,55			4	182,50			9	193,62			4	204,02	
			0,030				0,028				0,026				0,024				0,022
	5	157,87		29	0	170,83			5	182,86		38	0	193,86			5	204,25	
			0,030				0,028				0,026				0,024				0,022

Digitized by Google

A		X	D	A		X	D	A		X	D	A		X	D	A		X	D
F.	Z.	Fuß	Fuß	F.	Z.	Fuß	Fuß	F.	Z.	Fuß	Fuß	F.	Z.	Fuß	Fuß	F.	Z.	Fuß	Fuß
42	6	204,48		46	1	212,13		49	6	219,46		53	1	226,51		56	6	233,28	
	7	204,70	0,022		2	212,34	0,021		7	219,67	0,021		2	226,70	0,020		7	233,47	0,019
	8	204,92	0,022		3	212,56	0,021		8	219,87	0,020		3	226,90	0,020		8	233,66	0,019
	9	205,14	0,022		4	212,77	0,021		9	220,08	0,020		4	227,10	0,020		9	233,85	0,019
43	0	205,37	0,022		5	212,98	0,021	50	0	220,28	0,020		5	227,29	0,020	57	0	234,04	0,019
	1	205,59			6	213,20			1	220,49			6	227,48			1	234,23	
	2	205,81	0,022		7	213,41	0,021		2	220,69	0,020		7	227,68	0,020		2	234,42	0,019
	3	206,03	0,022		8	213,62	0,021		3	220,89	0,020		8	227,88	0,020		3	234,61	0,019
	4	206,25	0,022		9	213,83	0,021		4	221,10	0,020		9	228,08	0,020		4	234,80	0,019
	5	206,47	0,022	47	0	214,04	0,021		5	221,30	0,020	54	0	228,27	0,020		5	234,98	0,019
	6	206,70			1	214,26			6	221,50			1	228,47			6	235,18	
	7	206,92	0,022		2	214,47	0,021		7	221,71	0,020		2	228,66	0,020		7	235,36	0,019
	8	207,14	0,022		3	214,68	0,021		8	221,91	0,020		3	228,86	0,019		8	235,55	0,019
	9	207,36	0,022		4	214,89	0,021		9	222,11	0,020		4	229,05	0,019		9	235,74	0,019
44	0	207,58	0,022		5	215,10	0,021	51	0	222,31	0,020		5	229,25	0,019	58	0	235,92	0,019
	1	207,80			6	215,29			1	222,51			6	229,44			1	236,11	
	2	208,02	0,022		7	215,52	0,021		2	222,72	0,020		7	229,63	0,019		2	236,30	0,019
	3	208,23	0,022		8	215,73	0,021		3	222,92	0,020		8	229,83	0,019		3	236,48	0,019
	4	208,45	0,022		9	215,94	0,021		4	223,12	0,020		9	230,02	0,019		4	236,67	0,019
	5	208,67	0,022	48	0	216,15	0,021		5	223,32	0,020	55	0	230,22	0,019		5	236,86	0,019
	6	208,89			1	216,36			6	223,52			1	230,41			6	237,04	
	7	209,11	0,022		2	216,57	0,021		7	223,72	0,020		2	230,60	0,019		7	237,23	0,019
	8	209,32	0,022		3	216,77	0,021		8	223,92	0,020		3	230,79	0,019		8	237,42	0,019
	9	209,54	0,022		4	216,98	0,021		9	224,12	0,020		4	230,99	0,019		9	237,60	0,019
45	0	209,76	0,022		5	217,19	0,021	52	0	224,32	0,020		5	231,18	0,019	59	0	237,79	0,019
	1	209,97			6	217,40			1	224,52			6	231,37			1	237,97	
	2	210,19	0,022		7	217,61	0,021		2	224,72	0,020		7	231,56	0,019		2	238,16	0,019
	3	210,41	0,022		8	217,81	0,021		3	224,92	0,020		8	231,75	0,019		3	238,34	0,018
	4	210,62	0,022		9	218,02	0,021		4	225,12	0,020		9	231,95	0,019		4	238,53	0,018
	5	210,84	0,022	49	0	218,23	0,021		5	225,32	0,020	56	0	232,14	0,019		5	238,71	0,018
	6	211,06			1	218,43			6	225,52			1	232,33			6	238,90	
	7	211,27	0,021		2	218,65	0,021		7	225,71	0,020		2	232,52	0,019		7	239,08	0,018
	8	211,49	0,021		3	218,85	0,021		8	225,91	0,020		3	232,71	0,019		8	239,27	0,018
	9	211,70	0,021		4	219,05	0,021		9	226,10	0,020		4	232,90	0,019		9	239,45	0,018
46	0	211,92	0,021		5	219,26	0,021	53	0	,	,		5	233,09	0,019	60	0	239,63	0,018

Digitized by Google

Landwirthſchaftliche Gebäude in Frankreich und Belgien.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 645 bis 652.)

(Fortſetzung.)

VI. Eisgruben.

(Hiezu Blatt 652 und Seite 383.)

Eine Eisgrube iſt ein Bauwerk, das den beſondern Zweck hat, in großer Hitze Eis zu konſerviren, welches durchaus nicht als ein Gegenſtand des Luxus betrachtet werden darf, denn es iſt in vielen Fällen für die Geſundheit des Menſchen durchaus erforderlich, da es den Magen ſtärkt und die Spannkraft des Körpers ſteigert; in vielen Krankheiten iſt es ſo nothwendig und oft beſſer als jede Medicin, daher eine Eisgrube überhaupt eines der nothwendigſten Inſtitute des menſchlichen Lebens iſt. Für den Landwirth hat es den Nutzen, daß er ſein Fleiſch, ſeine Früchte und andere Nahrungsmittel und Vorräthe ſtets friſch erhalten kann, welche außerdem ſogleich in Verderbniß übergehen würden. Wenn es übrigens die lokale Beſchaffenheit geſtattet, ſo iſt die Anlage einer Eisgrube mit geringen Koſten verbunden, und es iſt alsdann um ſo weniger abzuſehen, warum der Menſch ſich nicht einer eben ſo nützlichen als angenehmen Sache bedienen ſollte.

Die Eigenſchaften guter Eisgruben beſtehen darin, daß ſie ſtets in gutem Zuſtande ſind und von keiner Feuchtigkeit leiden, auch immer eine ſo kalte Temperatur haben, daß das Eis darin nicht ſchmelzen kann, und dazu iſt es nothwendig, daß es in keiner Verbindung mit der äußeren Luft ſtehe, ſelbſt dann nicht, wenn man hineinzugehen hat.

Um dieſe weſentlichen Eigenſchaften zu erreichen, wählt man ein trockenes Terrain, das entweder der Sonne ſehr wenig oder gar nicht ausgeſetzt iſt. Man gräbt eine Grube a Fig. 1 (Seite 383) in umgekehrter Zuckerhutform von 4 bis 5m0 oberem Durchmeſſer aus, deren Tiefe gewöhnlich auf 6m0 angenommen wird. Je tiefer und breiter übrigens eine Eisgrube iſt, um ſo vortheilhafter iſt ſie für die Erhaltung des Eiſes. Im Boden muß ein Brunnen von 0m66 Durchmeſſer bei einer Tiefe von 1m30 ſein, deſſen Oberfläche mit einem eiſernen Gitter bedeckt wird, damit das aus dem Eiſe ſich abſondernde Waſſer durch dasſelbe abſinken kann. Man kann auch die Erdgrube ſtatt mit Mauerwerk mit einem hölzernen Riegelwerk umgeben, das mit Bohlen bekleidet iſt, was aber bei gutem und feſtem Boden nicht nothwendig wird, indem man das Eis dann ohne Befürchtung in die Grube werfen kann, wenn man dabei immer die Vorſicht gebraucht, die Wände mit Stroh zu umgeben, damit das Eis nicht mit dem Boden der Grube in unmittelbare Berührung trete.

Die mit Stroh bekleidete Grube wird dann mit einem hölzernen pyramidalen Pavillon in der Art bedeckt, daß der untere Theil desſelben bis in die Erde hineingeht. Für den Eingang in die Grube legt man das Vorhaus d an, das etwa eine Länge von 2m40 und eine Breite von 1m20 im Lichten hat und ebenfalls mit Stroh bedeckt wird; es hat zwei Thüren, eine nach innen, eine nach außen, zum Eingang in die Eisgrube und zum Ausgang aus dieſelbe, ohne daß die äußere Luft zu dem Eiſe treten kann. In dieſem Vorhauſe können im Sommer Fleiſch, Butter u. ſ. w. aufbewahrt werden. Auch muß man Sorge dafür tragen, daß das Regenwaſſer von der Eisgrube entfernt gehalten werde, indem man die Abzugsrinnen zweckmäßig anlegt.

Dies ſind die Mittel, welche man unter günſtigen lokalen Verhältniſſen bei der Anlage von Eisgruben anwendet.

Manchmal erbaut man um die zur Aufbewahrung des Eiſes beſtimmte Grube 0m60 von ihrem Rande entfernt eine runde Mauer von 2m0 Höhe und 0m50 Stärke, wodurch ſie eine noch kühlere Umſchließung erhält, auf der die Arbeiter bequem hin und her gehen können, und auf die auch das Geſpärrwerk des Daches geſetzt wird, das bis zum Boden hinunter geht, um die Einfaſſungen vor dem Einfluß der äußern Temperatur zu bewahren. Dieſelbe Wirkung macht auch eine Erdanſchüttung, wozu man die aus der Grube gewonnene Erde verwendet, wie Fig. 2 zeigt, welche der Durchſchnitt von Fig. 1 iſt. Hat man die Koſten nicht zu ſcheuen, ſo überwölbt man die Eisgrube, wodurch ſie viel beſſer wird. Man kann ſie dann mit einem Strohdach bedecken, wie in dem vorliegenden Fall, oder aber man legt zuerſt über das Mau-

Digitized by Google

erwerk eine Schicht von ſehr gut durchgearbeitetem Lehm in der Stärke von 0m65 und dann eine Schicht von vegetabiliſcher Erde in ſo großer Stärke als es möglich iſt, um die Lehmſchicht vor dem Austrocknen zu bewahren. Auf dieſe Art erreicht man auch den Vortheil die Eisgrube mit großen Bäumen umgeben und ihren Hügel mit feinwurzligen Gebüſchen bekrönen zu können, wodurch der innern Luft der Eisgrube ſtets eine gleichmäßige kühle Temperatur geſichert wird.

Bei günſtigem Boden alſo dürfte der Bau von Eisgruben eben keine großen Koſten verurſachen; iſt aber der Boden von Natur feucht, ſo vermehren ſich dieſe Koſten mit dem Verhältniß dieſer natürlichen Feuchtigkeit, weil man zur Erhaltung des Eiſes in einem derartigen Terrain mehr Vorſichtsmaßregeln ergreifen und mehr an Baulichkeit ausführen muß. Die Eisgrube ſoll dann von dem umgebenden Terrain ganz abgeſondert werden, um im Innern derſelben eine beſtändig trockene Temperatur zu erhalten. Man iſt dann manchmal genöthigt, beſonders in Thon- und Mergelboden, eine zweite Ringmauer in einer Entfernung von 0m70 aufzuführen und den Zwiſchenraum beider Mauern mit tüchtig durchgearbeitetem Thon auszupuddeln. Da ferner in ſolchem Terrain der am Boden der koniſchen Eisgrube ſich befindende Brunnen das hineinfallende Eiswaſſer nicht abſorbiren kann wie bei trockenem Terrain, ſo entſteht die Nothwendigkeit dieſem Waſſer einen Abfluß nach außen zu verſchaffen, denn füllt ſich der Brunneu mit Waſſer an und es kommt daſſelbe mit dem Eiſe in Berührung, ſo muß dieſes ſchmelzen. Um aber den Abfluß zu bewirken, muß die Brunnenſohle wenigſtens an einer Seite höher liegen als das angrenzende Terrain, ſo daß man dem abfließenden Waſſer ein gehöriges Gefälle zu ſchaffen vermag. Auf der andern Seite aber bringt dieſer Abzugskanal die äußere Luft mit der innern in Verbindung, was auf die letztere eine ſehr unangenehme Wirkung äußern würde, die nämlich, daß das Eis zum Schmelzen käme. Um einem ſolchen Uebelſtande vorzubeugen, bringt man in dem Abzugskanal eine Vorrichtung zur Abhaltung der Luft an.

Bei jenen Terrains endlich, die Ueberſchwemmungen ausgeſetzt ſind, kann man den Eisgrubenkegel bloß in Erde nicht ausgraben, denn mit der Zeit würde das Waſſer darin eindringen, welche Vorſichtsmaßregeln man auch ergreifen möchte. Der Sammelſchacht ſelbſt muß über dem Boden liegen, um dem ſich darin anhäufenden Waſſer den Abfluß zu ſichern.

Es ereignet ſich häufig, daß das Eis in einem neu erbauten Eiskeller ſchmilzt, weil die Mauern noch nicht ausgetrocknet ſind; iſt er aber ſonſt gut angelegt, ſo wird das Eis im zweiten Jahre nicht mehr zergehen.

Zwei Syſteme von Eiskellern haben ſich als die vorzüglichſten bewährt, und wir finden ſolche in Frankreich häufig ausgeführt. Das eine iſt das von Bordley, das beſonders in Amerika beliebt iſt; es hat den unbezahlbaren Vortheil, daß das Eis in einem ſehr gedrängten Raum von nur 400 Kubikfuß ſehr gut erhalten wird, daß es ſehr wenig koſtet, und daß es ſowohl im trockenen als im feuchten Terrain ſich ausführen läßt. Fig. 1—3 (Blatt 632) iſt die Darſtellung eines ſolchen Eiskellers. Wie man ſieht iſt er rund. Der Grube gibt man die erforderliche Größe und bekleidet ſie mit einer Mauer mit der dem je ſtattfindenden Erddruck verhältnißmäßigen Böſchung. Der Boden der Eisgrube wird ebenfalls in Mauerwerk ausgeführt und in der Mitte deſſelben ein Senkloch für das Eiswaſſer angebracht. Einen Meter über dieſer mit geringem Gefälle verſehenen Sohle konſtruirt man einen hölzernen Boden aus Balken, die mit einem Ende auf Steinwürfeln und mit dem andern Ende auf hölzernen Ständern liegen, die in dem Umkreis der Senkgrube eingeſchlagen ſind, durch hölzerne Riegel aber verbunden werden; über den Balken liegt ein Boden von zuſammengefügten und aufgenagelten Brettern, in welchen jedoch die Oeffnung der Senkgrube ausgeſpart iſt. Dieſer hölzerne Boden bildet die Unterlage eines polygonalen mit geſpundeten Brettern bekleideten Gerüſtes von 12 Ständern, die in der halben Höhe verriegelt, oben aber durch einen Holm verbunden ſind, der mit dem Terrain in einem Niveau liegt. Zur Vermeidung jeder ſchwankenden Bewegung gehen von jedem Polygonalwinkel Strebebänder in die Mauer, wo ſie eingelaſſen ſind. Bei dieſer Einrichtung entſteht zwiſchen der Mauer und dem hölzernen Gerüſt, in welchem das Eis aufbewahrt werden ſoll, ein leerer Raum, den man mit Stroh, Kohlen oder jedem andern die Feuchtigkeit nicht aufnehmenden Material ausfüllt. Die Eisgrube kann mit einem Bretter- oder Strohdach überdeckt werden, welches letztere bei der in Rede ſtehenden der Fall iſt; in demſelben iſt ein außerhalb mit einem Helm bedeckter Kanal oder eine Art von Schornſtein, durch

Digitized by Google

den die innern Dünſte der Eisgrube entweichen, ohne daß das Eindringen der äußern Luft begünſtigt wird. Aus dem eben angegebenen Grunde, die äußere Luft von der innern abzuſchließen, iſt eine Doppelthür angebracht, welche gegen Norden gelegen mit Oeffnungen verſehen wurde, um eine trockene Ventilazion um das Eisgehäuſe herzuſtellen. In dem Raum zwiſchen beiden Thüren hängt man in paſſender Höhe Fleiſch und andere Lebensmittel auf, die man friſch erhalten will. Wie aus den Zeichnungen erſichtlich, geht die Strohbedeckung beinahe bis zum Erdboden hinunter.

Bordley ſagt über den Bau von Eisgruben folgendes:

„Ich erbaute einen Eiskeller auf ebenem Terrain, das 5m0 über dem höchſten Waſſerſtande eines Fluſſes und 80m0 von demſelben entfernt lag, gebrauchte aber die Vorſicht nach dem üblichen Gebrauche den Zutritt der Luft zu verhindern. Da der räumliche Inhalt des Kellers 1728 Kubikfuß betrug, ſo konnte man 1700 Kubikfuß Eis darin unterbringen, das aber ſelbſt vor Eintritt des Sommers ſchmolz, und zwar deshalb, weil der Boden zu feucht und der Eisbehälter zu eingeſchloſſen war. In der That nahm man beim Graben der Eisgrube etwas Feuchtigkeit an der Sohle gewahr, und bei einer Eisgrube iſt etwas Feuchtigkeit ſchon zu viel; die geringſte Feuchtigkeit der Wände oder der Sohle ſteigt in Folge einer Temperatur, welche weit über dem Gefrierpunkt ſteht (denn bei den tiefſten und kühlſten Brunnen zeigt der Thermometer noch 9° über Null), in Dünſten gegen die Wände des Ueberbaues auf, und da die Eisgrube feſt verſchloſſen iſt, fallen dieſe auf das Eis nieder, weil es an einem Kanale fehlt, durch den ſie entweichen könnten. Es geht hieraus hervor, daß wenn man eine gut verſchloſſene Eisgrube nicht oft öffnet, ſie ganz durchwärmt wird und das Eis ſich wie Schnee erweicht, ſo wie auch, daß keine Tiefe das Eis vor dem Zergehen ſchützt, ſelbſt dasſelbe noch begünſtigt, wenn ihre Sohle feucht iſt, je tiefer man die Grube macht.“

„Einige Jahre ſpäter legte ich eine andere Eisgrube in einer Entfernung von 150 Metern von der vorigen an, verfuhr aber dabei nach andern Grundſätzen. Es war mein hauptſächlichſter Zweck, Luft und Ventilazion zu haben, um Trockenheit und Friſche zu gewinnen. Ich faßte die Idee, das Terrain von der Eismaſſe dadurch zu iſoliren, daß ich dieſe in einen hölzernen Kaſten einſchloß, der unten einen, oben aber zwei Fuß von den Erdwänden der Grube abſtand, welche an einer Stelle angelegt wurde, die dem Winde und der Sonne ausgeſetzt war, um ſie recht trocken zu machen. Die Tiefe betrug 9 engl. Fuß. In dieſe Grube ſetzte ich den hölzernen Kaſten und füllte den Raum zwiſchen demſelben und der Erdwand mit ganz trocknem und tüchtig zuſammengedrücktem Stroh aus, das der ſchlechteſte Wärmeleiter iſt. Dieſer Kaſten hatte einen kubiſchen Inhalt von 700 Fuß, alſo beiläufig die Hälfte desjenigen, den man gewöhnlich den Eisgruben gibt. Ich bedeckte die Grube mit einer Decke von locker zuſammen gefügten Brettern, mehr um ſie vor Regen zu bewahren, als um ſie feſt zu verſchließen. Man konnte dieſe Grube ohne alle Rückſicht gebrauchen und dennoch ſchmolz das Eis darin nicht eher als die doppelte Quantität in einem andern Eiskeller, welcher in trocknem und kieſigem Boden lag und nach dem gewöhnlichen Princip geſchloſſen wurde.“

Bei einem andern Eiskeller nach Bordley's Angabe lag der Boden des Eiskaſtens bloß 4 Fuß über dem Waſſerſpiegel und in einer Tiefe des Terrains von 3 Fuß. Anſtatt eines kleinen Bretterhauſes zur Umſchließung des Eisbehälters wurden die äußern Seiten bis zum Anfange des Strohdaches mit Erde angeſchüttet, dann wurde der Eisbehälter durch ein beſonderes Dach von ſchlechtgefügten Brettern bedeckt.

So Entgegengeſetztes auch die Peincipien haben, welche bei dem Baue dieſer beiden Eiskeller zur Grundlage dienten, ſo iſt es nichts deſto weniger ausgemacht, daß das Eis ſich in gewöhnlichen Eiskellern gut erhält, obgleich ſie vollkommen geſchloſſen ſind; in feuchtem Boden aber, oder in ſolchem, welcher Ueberſchwemmungen ausgeſetzt iſt, werden zum Baue einer Eisgrube Ausgaben erfordert, welche der gewöhnliche Landmann nicht beſtreiten kann. Auf der andern Seite iſt es nach Berichten von Reiſenden erwieſen, daß im nördlichen Amerika und dem gleichen Klima als dem unſrigen ausgezeichnete Eiskeller nach ganz verſchiedenen Principien erbaut werden und daß ihre Erbauung vergleichungsweiſe um ſo weniger koſtſpielig iſt als lokale Verhältniſſe ihrer Anlage ungünſtig ſind. In der That hat man geſehen, daß in den trockenſten Terrains der Bau einer Eisgrube eben keine große Ausgabe erfordert. Bei denſelben lokalen Verhältniſſen würde der Bau eines amerikaniſchen Eiskellers von demſelben räumlichen Inhalt

Digitized by Google

Eisgruben

Fig 1.

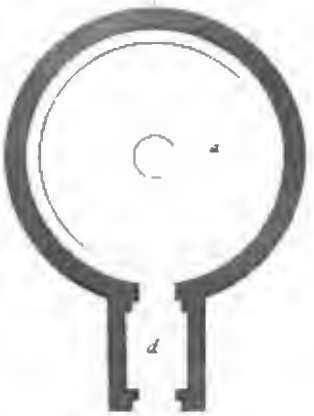


Fig 2.

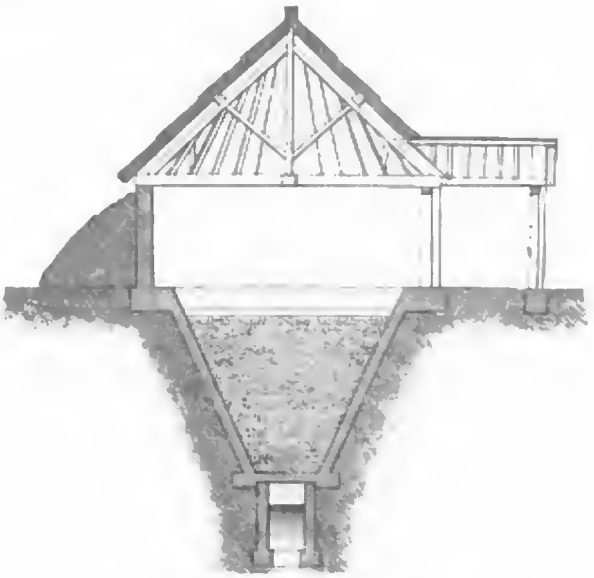


Fig 3.

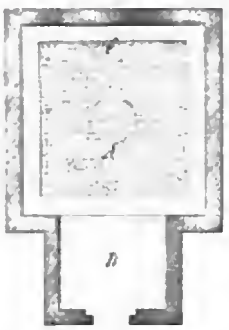


Fig 4.

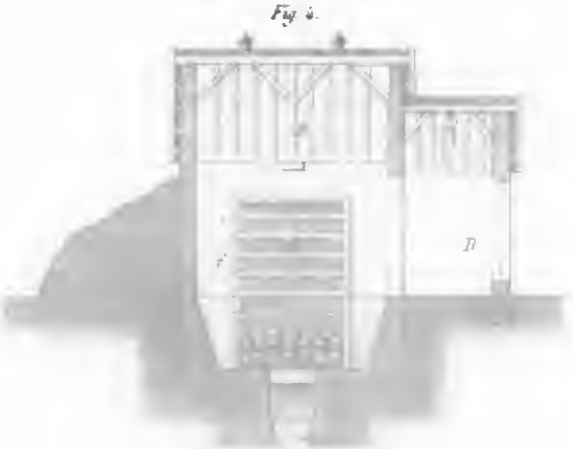
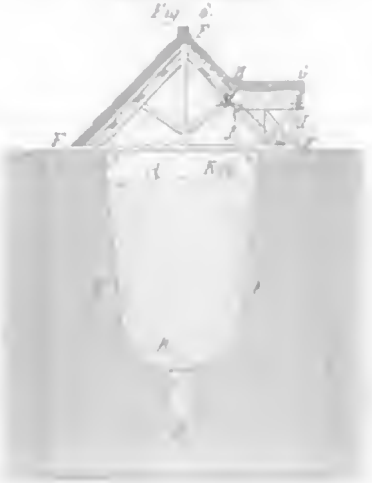


Fig 5.

Fig 6.



Digitized by Google

nicht koſtbarer ſein und er würde vor dem erſteren einen großen Vortheil haben, denn eine gewöhnliche Eisgrube muß, wenn ſich das Eis darin gut erhalten ſoll, einen gewiſſen körperlichen Raum faſſen, deſſen Minimum 1400 Kubikfuß iſt, während ein amerikaniſcher Eiskeller ohne Beſorgniß viel geringere und den häuslichen Bedürfniſſen eher anpaſſende Dimenſionen erhalten kann, ſo daß ſein körperlicher Inhalt 300 bis 400 Kubikfuß beträgt. Fig. 3—5 (Seite 383) gibt den Grundriß, Durchſchnitt und Aufriß einer ſolchen kleinen Eisgrube, wie wir ſie öfters angetroffen haben. A iſt ein hölzernes Gehäuſe mit Rahmen von 0^m12 und 0^m18 Stärke, und Stäben aus Sparrenholz mit einer Bretterverkleidung; es ſteht auf einem Schwellwerk, wodurch es von der Grundmauer durch einen Raum iſolirt wird, welcher mit Faſchinen ausgelegt iſt, um das eingeſtampfte Eis vor Feuchtigkeit zu bewahren und um dem Eiswaſſer einen leichtern Abfluß in das Senkloch zu verſchaffen. Der Eiskaſten ſteht 0^m20 in der Erde, welche Tiefe von der mehr oder minder trockenen Beſchaffenheit des Erdbodens abhängt; er bildet im horizontalen Durchſchnitt ein Quadrat von 1^m80 Seite und hat eine Höhe von 2^m70, ſo daß er beiläufig 9 Kubikmeter Eis aufnehmen kann. Der leere Raum zwiſchen der 0^m30 ſtarken Grubenmauer und dem Eisbehälter iſt mit Stroh ausgefüllt; im Dache ſind zwei Dunſtzüge angebracht.

Wenn man die Eisgrube nicht im Sommer als Speiſekammer benützen will, ſo iſt auch gar kein Vorhaus erforderlich. Dann bringt man in der nördlichen Giebelmauer eine kleine nach außen ſich öffnende und mit vielen kleinen Löchern durchbrochene Thür an, durch die man mittelſt einer Leiter in die Grube hineinſteigt.

In Fig. 6 (Seite 383) ſehen wir den Durchſchnitt von einer Eisgrube, die nach den gewöhnlichen Regeln erbaut iſt und deren Dimenſionen ſich nach der Größe der darin zu bergenden Eismaſſe richten. A B iſt die eingeſtampfte Eismaſſe, die über dem Roſte C liegt, durch den das Waſſer in die Senkgrube D abzieht, wo es von Zeit zu Zeit abgelaſſen wird; E E ſind die gemauerten Wände der Eisgrube, worauf das Dach F F ruht, das ſehr ſtark mit Stroh gedeckt iſt; J iſt der Eingang, durch den das Eis in die Grube geworfen und vermittelſt der Tonne K, die an einem Seil J' hängt, das über die Rolle M geht, nach Bedürfniß wieder herausgezogen wird. Die Grube wird im Winter während der kälteſten Tage gefüllt und zwar entweder mit Eis oder in Ermanglung deſſelben mit feſtgeſtampftem Schnee. Nach dem Füllen begießt man das Eis mit Waſſer, das eben gefrieren will, wodurch es zu einer einzigen Maſſe vereiniget wird und alle Zwiſchenräume verſchwinden, durch welche ein Luftzug ſtattfinden könnte, der das Schmelzen des Eiſes befördern würde. Die Oberfläche der Eismaſſe wird mit Stroh bedeckt, worauf man Bretter legt, die man mit Steinen beſchwert.

Die in Fig. 4—6 (Blatt 632) dargeſtellte Eisgrube liegt in einem Garten und iſt ein Muſter der franzöſiſchen feſt verſchloſſenen Eiskeller. Sie liegt beinahe ganz in der Erde; zwiſchen der Mauer und dem Eisbehältniß iſt kein Zwiſchenraum gelaſſen; der über dem Terrain ſtehende Theil iſt mit Erde umſchüttet worden; eine in dem Deckel des Eisbehälters ſich befindende Oeffnung wird augenblicklich wieder geſchloſſen, ſobald die nöthige Quantität Eis herausgenommen iſt. Das Vorhaus dient ebenfalls zur Aufbewahrung von Lebensmitteln im Sommer, weßhalb die Thür mit Oeffnungen verſehen iſt, um die Luft einzuführen, welche die Vorräthe konſervirt und eine beſtändige Ventilazion unterhält. —

Digitized by Google

Die Elisabethbrücke in Wien.

(Mit Zeichnungen auf Blatt **608**, **609** und **633**.)

Bei Gelegenheit der Beschreibung der alten steinernen Brücke über den Wienfluß vor dem Kärnthnerthore (Seite 3—7 der Bzt. dieses Jahres) ist auch der, auf den Blättern unseres Atlas **608**, **609** u. **633** dargestellten, an der Stelle derselben aufgeführten neuen Brücke bereits Erwähnung geschehen; wir wollen jedoch hierüber noch einige Erläuterungen folgen lassen.

Die neue Brücke wurde etwas abweichend von der Richtung der alten so gestellt, daß ihre Längenachse in die Mitte der Kärnthnerstraße mit Rücksicht auf den Umbau des Kärnthnerthors, und in die Mitte des Anfanges der Straße der Vorstadt Wieden zu liegen kam. Diese Situazion ist aus Bequemlichkeits- und Schönheitsrücksichten bedingt gewesen, doch war sie wegen der scharfen Wendung, welche der Fluß unmittelbar vor der Brücke nimmt, dem Bau nicht günstig, indem bei der Beschaffenheit des Erdreichs im Flußbette und den öfters vorkommenden reißenden Hochwässern kostspielige Fundamentirungen in Anwendung kommen mußten. Der Grund wurde für alle Pfeiler bis auf 16 Fuß unter dem herzustellenden Flußbette zwischen den Fangdämmen ausgehoben, wo sich eine feste Lettenlage vorfand, auf die man nach der Ansicht des Architekten der Brücke ohne weiteres einen liegenden Rost und die Grundsteine hätte aufsetzen können. Indessen wurde von einigen Mitgliedern des Gemeinderathes behauptet, daß ein Pfahlrost angewendet werden müsse, um die Fundamentsohle zu verdichten; überdies empfahlen der durch die Hochwässer vom 18. Mai 1851 erfolgte Einsturz der erst kurz vorher erbauten Karolinenbrücke, welche nur bei 1600 Fuß vom Bauplatze abwärts über den Wienfluß führte, und die Verwüstungen, welche dieselben Fluten an den Vorbereitungsarbeiten und im Flußbette an der Baustelle selbst bereitet hatten, jede mögliche Vorsicht; daher wurde denn das ganze Fundament pilotirt. Damit hat das Bauwerk an Festigkeit allerdings nichts verloren, doch wurden die Kosten um wenigstens vierzig Tausend Gulden erhöht, und es hat sich gezeigt, daß der aus einer dichten Lettenschichte bestehende Grund durch die eingetriebenen Pfähle aufgelockert und aufgetrieben wurde und daß die Wasserzuflüsse, die aus den Schotterschichten oberhalb der Lettenschichte von allen Seiten in die Baugruben zudrangen, noch bedeutend sich vermehrten und die Wassergewältigung erschwerten.

Die Unter- und Ausmauerung des Rostes geschah mit festen behauenen Steinen und hydraulischem Mörtel. Die Fundamente wurden, wie in den Zeichnungen ersichtlich ist, mit großen Quaderstücken (aus den Steinbrüchen bei Wöllersdorf und Baden) und theilweise mit Füllungsmauerwerk sehr regelmäßig und solid hergestellt. Nachdem die Pfeiler bis zu einer gewissen Höhe aufgeführt und die Fangdämme beseitiget waren, wurden die leeren Räume um die Fundamente herum mit einem Steinwurf ausgefüllt (s. Längendurchschn. Bl. 609). Sämmtliche Verkleidungsquadern und der ganze Körper der Mittelpfeiler sind von ausgewählten Wöllersdorfer-Steinen (einem sehr harten, körnigen und witterungsbeständigen Kalksteine) in gebundenen Maßen ausgeführt und in Cementmörtel mit Kuffsteiner-Kalk, der überhaupt bei allem Mauerwerk dieses Baues in Verwendung kam, versetzt. Die Gewölbe sind mit gut gebrannten Ziegeln aus geschlämmtem Thon mit Cementmörtel gemauert, mit Steinen verkleidet, mit einer Nachmauerung von Bruchsteinen und Cementmörtel versehen und mit einem einfach liegenden Ziegelpflaster und einer $^3/_4$ Zoll starken, in zwei Lagen aufgetragenen Asphaltdecke gedeckt. Ueber dieselbe wurde Schotter und darauf grober Sand als Bettung für das Straßen- und Trottoirpflaster gebracht. Das durchdringende Regenwasser wird über der Asphaltdecke durch gußeiserne, mit einem Seiher gedeckte Trichter (s. Längendurchschnitt Bl. 609), die größere Masse des Regenwassers aber durch 4 in den Gossen zwischen der Fahrbahn und den Trottoirs liegende gußeiserne senkrecht stehenden Röhren (s. Querdurchschnitt) abgeleitet.

In der Mitte längs der Brücke befindet sich eine gedeckte Rinne von Gußeisen, in welcher 2 Wasserleitungsröhren liegen; daneben liegt das Gasleitungsrohr. Das Brückengeländer mit den Sockeln der Statuenpostamente ist vom schönsten Wöllersdorfer-Stein sehr sorgfältig ausgeführt. Die runden Oeffnungen in der durchbrochenen Brustlehne wurden mit einer Maschine ausgebohrt, wodurch eine große Genauigkeit in der Ausarbeitung des Gitterwerks erzielt wurde. Die verzierten Schlußsteine sind mit dem Stadtwappen versehen. Die Saumsteine zur Begrenzung der Trottoirs, zwischen welchen 6 Kandelaber sich erheben, sind wie alle Pflastersteine von Granit. Die übrigen Baubestandtheile und Arbeitsleistungen sind in der folgenden summarischen Uebersicht der beiläufigen Kosten angedeutet.

Digitized by Google

Erdarbeiten. Abgrabungen und Regulirung des Flußbettes, Erdaushebung und Deponirung auf 140° Entfernung, Verführung des durch das Hochwasser im Mai 1851 angeschwemmten Materials, dann Erdanschüttung hinter den Landpfeilern und auf die Gewölbe. Für Abgrabung ꝛc. wurde 4 fl. 30 kr und für Erdanschüttung 2 fl. 30 kr. per Kub. Klafter bezahlt . 21,000 fl.

Zimmermannsarbeiten. Fangdämme, Pilotage, Röste, Bogengerüste, Versetz- und Laufgerüste, dann Einfriedung des Bauplatzes. Für 10 Zoll starke Lerchbaumpiloten sammt Bearbeitung und Einrammen wurde pro lauf. Klafter 6 fl. 45 kr. accordirt, und es wurden bei 6300 Klafter Piloten verwendet, in Summa . . . 80,000 fl.

Wasserförderung. Betrieb der Dampfmaschine, Pumpwerke ꝛc., Bauschbetrag . 10,000 fl.

Maurerarbeiten. Unter- und Ausmauerung der Röste, gemischtes Mauerwerk zum Anschluß an die Quader (54 fl. pro Kub.-Klafter), Ziegelgewölbmauerwerk sammt geschlämmten Ziegeln und hydraulischem Kalk (circa 90 fl. pro Kub.-Klafter), Ziegelpflaster (2 fl. pro □°) . . . . . 58,000 fl.

116000′ Quadersteinversetzung à 6 kr., dann Versetzen des Geländers sammt Kalk und Portlandcement zusammen . . . 14,000 fl.

Steinmetzarbeiten. 56894 Kub. Fuß rauh bearbeitete Quader für die Fundamentschichten à 1 fl. 20 kr., 46853 Kub.-F. rein bearbeitete Quader zur Bekleidung der glatten Flächen à 2 fl. und 13060 Kub.-Fuß rein bearbeitete Quader für die Gesimse, Gewölbverkleidungssteine, Geländer, Postamente ꝛc., in Summa . . . . . 210,000 fl.

Steinwurf und Betonage unter demselben 5,700 fl.

Asphalt 325□° à 15 fl. . . . . 4,875 fl.

Schlosserarbeiten für Pilotenschuhe, Steinklammern, Riegel, Bolzen, gußeiserne Wasserabfallröhren u. s. w. . . . . 5,500 fl.

Bildhauerarbeit. Schlußsteine, Modelle für die Kandelaber und das Geländer . . 1,370 fl.

Verschiedene Arbeiten als: Aufstellung und Einmauerung der Dampfkessel u. s. w. . 800 fl.

Summa 411,245 fl.

Davon kommen vertragsmäßig bei mehreren Posten 2½ % in Abzug, in Summa circa . . . . . 7,415 fl.

Bleiben Kosten 404,000 fl.

Hiezu dürften noch für Vorbereitungsarbeiten, Abnützung der Dampfmaschine, Regie u. s. w. gerechnet werden . 12,000 fl.

wodurch die Kosten des Baues sich auf 416,000 fl. belaufen.

Die Uferschutzmauern und Flußregulirungen, welche durch den Brückenbau veranlaßt wurden, sind noch nicht ganz vollendet und in dieser Rechnung, welche wir nur annäherungsweise darstellen können, nicht inbegriffen.

Die Vorbereitungsarbeiten wurden Anfangs September 1850 begonnen, durch das Hochwasser vom 18. Mai 1851 jedoch unterbrochen, und erst im Oktober desselben Jahres wieder aufgenommen. Zur Wasserbewältigung innerhalb der Fangdämme waren 6 Pumpen in Thätigkeit. Die Arbeiten schritten ohne Unterbrechung in dem Jahre 1852 so fort, daß im Juni 1853 die Einwölbung der Brücke vorgenommen werden konnte. Nach der Auslösung der Lehrbögen für die Gewölbe wurde wahrgenommen, daß der Bogen an der Seite gegen die Vorstadt mehr als die andern Bögen sich gesetzt hatte und zwar in der Quaderverkleidung um 1¼″, im Ziegelgewölbe um 2½″; der Mittelbogen hatte sich in der Quaderverkleidung um 1″, in dem Ziegelgewölbe um 2″ unter das Projektsniveau gesetzt; am Bogen gegen die Stadtseite war jedoch die Senkung der Quaderverkleidung und des Ziegelgewölbes gleich und stand ¼″ über dem Projektsniveau. Weitere Senkungen haben sich später nicht gezeigt. Im März 1854 war die Brücke so weit vollendet, daß die Pflasterung vorgenommen werden konnte, und am 23. April d. J. erfolgte die Eröffnung für den öffentlichen Verkehr, und zwar auf die feierlichste und glänzendste Weise, indem die Allerdurchlauchtigste Kaiserbraut über die reich mit Blumen geschmückte Brücke Allerhöchst Ihren festlichen Einzug in die Residenz gehalten hat. In Folge dieses freudigen Ereignisses hat die Brücke den Namen „Elisabethbrücke“ erhalten.

Wir hoffen mit der Zeit nochmals von diesem Baue Erwähnung machen zu können, wenn er nämlich seinen Statuenschmuck erhalten haben wird, ohne welchen er immer als unvollendet angesehen werden muß.

Digitized by Google

Reſtaurazion „zur Begerburg“ auf dem Felſen „Kanapee“ im plauen'ſchen Grunde bei Dresden.

Entworfen und gebaut von Karl Theodor Lehnert, Architekt.

(Mit Zeichnungen auf Blatt **634** und **635**).

Unter den reizenden Umgebungen Dresden's iſt der in ſüdweſtlicher Richtung ſich hinziehende ſogenannte plauen'ſche Grund nicht allein ſeiner Naturſchönheiten wegen, ſondern auch hinſichtlich der Kunſtbauten der jetzt noch im Baue begriffenen „Alberts Eiſenbahn,“ die zwiſchen ſteilen, an manchen Stellen faſt ſenkrechten Granitfelſen an den Ufern der Weißeritz mit dieſer den vielfachen Windungen des plauen'ſchen Grundes folgend, ihren Weg nach Tharand nimmt, erwähnungswerth.

Unter den pittoresken Granitfelſengebilden dieſes Grundes erfreut ſich vorzüglich das ſogenannte „Kanapee,“ beim Dorfe Dolzſchen gelegen, ſeiner weitreichenden Ausſicht wegen eines zahlreichen Beſuches von Einheimiſchen und Fremden, denn das von da zu überſehende Panorama ſchließt in meilenweitem Bogen die verſchiedenſten Anſichten der ſächſiſch-böhmiſchen Schweiz, der dresdner und meißner Weinberge, der ganzen Umgebung Dresdens und eines Theils des Erzgebirges in ſich.

Aus dieſer Urſache begründete, von vielen Seiten angeregt und aufgemuntert, der Beſitzer dieſes Felſens auf dieſem Punkte eine Reſtaurazion, deren Erbauung, um das Ganze in Einklang mit der Gegend zu bringen und weil das dem Bauherrn ohne Koſtenaufwand zu Gebote ſtehende Material ſich hauptſächlich dazu eignete, im mittelalterlichen Stile und zwar in Vereinigung von Stein- und Holzarchitektur verſucht wurde.

Blatt **634** zeigt die ſüdliche Anſicht des Gebäudes vom plauen'ſchen Grunde aus, Blatt **635** die öſtliche und weſtliche, wobei erwähnt wird, daß erſtere nach Dresden, letztere nach Tharand zu gelegen iſt.

Sämmtliches Mauerwerk iſt mit Ausnahme der angedeuteten Bögen, die aus Ziegeln hergeſtellt ſind, und der Steinmetzarbeiten, an denen bloß die Glieder geſchliffen, alles Uebrige grobgekörnt iſt, aus dem um Dolzſchen brechenden gelblich- und blaugrauen Pläner-bruchſtein aufgeführt und ohne allen äußerlichen Abputz gelaſſen; die an den Faßaden befindlichen Holzſchnitzereien ſind, um Schutz gegen die Witterung zu finden, mit holzfarbiger Oelfarbe angeſtrichen und (da überhaupt bei dem ganzen Gebäude, einestheils der Koſtenerſparniß wegen, anderntheils aber auch, weil man ſolches von keinem nahen Standpunkte aus überſehen kann, bloß auf die, auch aus der Ferne wirkende Gruppirung, weniger auf Detailreichthum Rückſicht genommen werden mußte) mit einfachen bunten Linien in ſchwarz, braun und blau verziert.

Um den nöthigen Raum für das ganz nahe am Abgrunde liegende Bauwerk zu gewinnen, mußte, weil der Platz ſehr beſchränkt iſt, ein iſolirt ſtehender, weit in das Thal vorhängender Felſenkegel mit zugezogen werden, welcher dann durch eine Schlucht von dem Kanapee, dem Hauptpunkte der ganzen Anlage (der aber in ſeiner pittoresken Form nicht geändert oder beeinträchtigt werden durfte), mit einer ſtarken Futtermauer verbunden und der gewonnene Raum ausgeſchüttet wurde.

So war es möglich, daß das Reſtaurazionsgebäude „zur Begerburg“ — nach dem Beſitzer ſo geheißen, — in ſeinem Souterrain (Blatt **635**) folgende Räumlichkeiten enthalten konnte: a Entree mit Wendeltreppe in das Parterre, obere Etage und auf das Belvedere führend; b Gang zur Küche und zu den Kellern; c große Küche mit c' Speiſeaufzug, damit trotz der bequemen Kommunikazion b über die Treppe a die Bedienung ſchneller geſchehen könne; d Zuputz und Küchenſtube; e Wohn- und Schlafſtube für das Küchenperſonal; ff die nöthigen Kellerräume und gg die durch die obere Ueberbrückung und Unterwölbung des vorſpringenden Erkers gebildeten Durchgänge, die um das ganze Haus eine freie und bequeme, vor dem Hinabſtürzen durch hohe Bruſtwehren geſicherte Kommunikazion zulaſſen; hi Abtritte für Herren und Damen, von der äußern Terraſſe zugänglich.

Von der letztern gelangt man in das Parterre Fig. 5 mittelſt der Freitreppe und Halle a in den Saal b und Erker b', welche beide Räume mittelſt Bogenöffnungen ſowohl mit dem Buffet c, welches

Digitized by Google

wiederum durch den Gang f mit der Küche im Souterrain verbunden ist, als auch mit dem Nebenzimmer und Erker d in Verbindung stehen.

Die Treppe e, die durch eine aus Holz konstruirte Halle überdeckt ist, führt unmittelbar aus dem Saale auf das Kanapee und um das ganze Haus herum unter dem Erker b' und der Brücke g in den Kaffeesalon h, der den untern achteckigen Theil des auf oben erwähntem Felsenkegel erbauten „Lug ins Land" bildet, mit einem gothischen Gewölbe überwölbt ist, und von dessen über den fast 500 Ellen tiefen Abgrunde schwebenden Balkon man eine herrliche Aussicht auf das unter den Füßen befindliche Weißeritzthal mit der Eisenbahn genießt.

Zu der obern Etage Fig. 6 gelangt man mittelst der Wendeltreppe a auf den Gang b, von welchem aus man in das Orchester c und das Kabinet c', so wie auch durch das Brückenthürmchen b' über die mit einer Brustwehre versehene Brücke e in den Hauptthurm tritt, aus dessen Halbetage eine Wendeltreppe weiter in das obere, mit vier achteckigen, überspringenden und auf Trägern ruhenden Eckthürmchen versehenen Belvedere g und von da aus in die oberste Aussicht führt.

Der Dachraum über dem Saale d (Fig. 6) enthält Wohn- und Schlafzimmer für den Restaurateur, welche mittelst des über c' befindlichen Ganges und der Wendeltreppe a mit dem ganzen Gebäude in Verbindung stehen.

Was schließlich die Dekorazion der innern Räumlichkeiten anbelangt, so besteht solche nach Fig. 6 und 3 — Ansicht des Querdurchschnittes — in der Hauptsache in Folgendem.

Die Grundfarbe der Wände im Saale, Buffet und Nebenzimmer ist purpurroth, doch so, daß die rothen Flächen in Brüstungshöhe von eichenholzfarbig gemalter Täfelung ganz, bis über Fensterſturzhöhe von derselben theilweise eingefaßt und überdeckt werden; auf dem ringsum laufenden darüber befindlichen Friese, dessen eigentliches Muster holzfarbig ist, haben die Quadrate abwechselnd schwarz und grünen Grund, während das unter der Decke befindliche Bogenornament goldgelb gemalt ist. An den beiden Querseiten sind je zwei Spiegel mit Wandleuchtern angebracht, erstere von Goldrahmen, in ähnlicher Weise gegliedert wie die Glieder der Abtheilungsfelder über den Fenstern eingefaßt sind.

Die Decke ist durch Unterzüge in sechs Felder abgetheilt, welche durch einen an allen ihren vier Seiten herumlaufenden Sims Kassetten bilden, deren Grundton Eichenholzfarbe ist und worauf leichte Ornamente in braun gemalt sind. Die Abfasungen der Unterzüge und der Deckenträger sind kobaltblau, und auf der unteren Seite der ersteren, ebenfalls in braun, sind leichte Linien aufgesetzt, so daß das Ganze das Ansehen von ausgelegter Holzarbeit erhalten hat.

Die Thüren und Fenster sind eichenholzartig angestrichen und deren Beschläge und Schlösser mit Verzierungen aus Eisenblech und Messing im obigen Stile versehen.

Synagoge in Heidenheim.

(Mit Zeichnungen auf Blatt **636—638**.)

In einem Thale des Hahnenkammes — eines zum großen Theil mit reizenden Laubwaldungen bedeckten Höhenzuges in Mittelfranken in Bayern — liegt der nicht unbedeutende Markt Heidenheim, dessen Einwohner zum Theil dem israelitischen Kultus angehören.

Die früher daselbst befindliche alte Synagoge wurde im Jahre 1851 durch Feuer zerstört und so zunächst die Veranlassung gegeben einen Neubau aufzuführen, welcher auch von der Israeliten-Gemeinde mit vieler Aufopferung aus eigenen Mitteln nach dem Entwurfe des Unterzeichneten hergestellt wurde.

Diese Synagoge, welche, wie aus den beiliegenden Zeichnungen ersichtlich, zu den kleinern gehört, mußte nach dem gegebenen Programme enthalten: ebener Erde eine Vorhalle mit zwei Eingangsthüren — die Trennung der beiden Geschlechter bezeichnend — und mit den Aufgangstreppen zur Frauengalerie, im Betsaale selbst 60 Männerstände und beiderseits des heiligen Schrankes 8 Plätze für den Chor, dann den erforderlichen Raum für den in der Mitte aufzustellenden Almemor und den gegenüber an der östlichen Umfangsmauer anzubringenden heiligen Schrank; ferner über

Digitized by Google

eine Stiege einen Vorplatz und auf der Galerie Plätze für 40 Frauen.

Nach diesen Maßgaben wurden die Hauptdimensionen des Gebäudes bestimmt, so wie die ländlichen Umgebungen bei der Benützung des alten Bauplatzes einen leichten gefälligen, bei der Beschränktheit der Mittel nicht zu kostspieligen und bei den auf dem Lande disponibeln technischen Kräften zugleich leicht ausführbaren Baustil zur Bedingung machten. Zur bessern Charakterisirung des Ganzen glaubte der Unterzeichnete orientalische Motive anwenden zu müssen, durch deren analoge Durchführung im Innern zugleich eine entsprechende Dekorazionsweise erzielt wurde. Uebrigens dürften noch die folgenden Gründe für die Anwendung derselben von Gewicht sein.

Als Salomo einen Jehova's würdigen Tempel errichten wollte, übertrug er die Ausführung desselben phönikischen Künstlern, da die zu einem so bedeutenden Bauwerke erforderlichen künstlerischen Kräfte bei seinem Volke nicht zu finden waren. Wurde nun auch der neue Tempel von den fremden Baumeistern in seiner ganzen Anordnung nach den Anforderungen des religiösen Ceremoniels hergestellt, so zeigte er doch sicherlich in seinen architektonischen Formen die Einwirkungen des — uns freilich nicht bekannten — phönikischen Geschmackes, der sich jedenfalls geltend machte, wenn auch das Gebäude noch so sehr den lokalen Bedürfnissen und Zwecken angepaßt war.

So wie nun die Juden in ihrer Blüthezeit zur Herstellung ihres gleichwohl nur in roher Pracht strahlenden Tempels die eigenthümlichen Kräfte nicht besaßen, sondern sie von ihren Nachbarn entlehnen mußten, wie sie überhaupt zu keiner Zeit Bemerkenswerthes in der Kunst geleistet haben, wenn man nicht ihre Stiftshütte von mit Silberblech überzogenen Brettern mit einem Dache von Teppichen und Fellen für ein Kunstwerk gelten lassen will, so würden sie auch in späterer Zeit, — wären sie selbst ein Volk und in ihren Wohnsitzen geblieben — schwerlich eine selbstständige, eigenthümliche Kunst entwickelt, sondern von gleichen klimatischen Verhältnissen mit ihren Nachbarn die Bauweise derselben, natürlich mit den nöthigen Modifikazionen, adoptirt, mit einem Worte, sie würden im orientalischen Stile gebaut haben. Der Einfluß der morgenländischen Kunst zeigte sich ja selbst hie und da bei den Abendländern. So haben die alten Venezianer durch ihren Verkehr mit dem Orient arabische Motive mit in die Heimath gebracht, durch deren Einwirkung sich ein eigenthümlicher reizender Palaststil ausgebildet hat, welchen noch viele Prachtexemplare am Canal grande zeigen.

Diese angeführten Gründe dürften daher für das architektonisch zu bestimmende Gepräge einer Synagoge entscheidend sein und orientalische Reminiscenzen rechtfertigen, gleichwie im Gegentheil alle andern Bauweisen für den gegebenen Fall sich weniger eignen. Der antike Baustil, dann die romanischen und germanischen Stilarten haben alle, besonders die letzteren, zu sehr als Kirchenbaustil Anwendung gefunden, sohin mehr christlichen Zwecken gedient, als daß sie zugleich für ein Gebäude des israelitischen Kultus passend erscheinen. Deshalb wird auch eine in einem dieser Stile erbaute Synagoge immer mehr oder weniger an ein christliches Bethaus — wenn nicht an etwas Anderes — erinnern, und es ist sodann die architektonische Aufgabe, welche verlangt, daß in der äußeren Form der Zweck eines jeden Gebäudes möglichst ausgeprägt und daher erkennbar sei, nicht entsprechend gelöst.

Es sei damit nicht gesagt, daß lediglich der orientalische Baustil in seiner vollständigen Anwendung für eine Synagoge passend, sondern nur, daß in einer Benützung und Verarbeitung orientalischer Motive die entsprechende Ausdrucksweise für ein derartiges Gebäude zu suchen sei.

Die beiliegenden Zeichnungen enthalten auf Blatt **636** Vorderansicht, Querdurchschnitt, Grundriß ebener Erde und Grundriß über eine Stiege mit der Galerie und Details, auf Blatt **637** eine perspektivische Ansicht, Längendurchschnitt und Details.

Sämmtliche innere Einrichtungsgegenstände, die Subseillen, der Al-Memor (zum Ablesen der Thora bestimmt) auf Blatt **637**, dann der heilige Schrank (die Bundeslade, „Aron hekodesch", zur Aufbewahrung der Thora bestimmt) auf Blatt **638** sind aus Eichenholz und Fichtenholz zusammengesetzt und sodann mit einem abwechselnd ahorn- und eichenholzfarbigen Anstrich versehen, auf welchem Grunde, wo es passend, Linien und Verzierungen mit dunkler Holzfarbe gemalt sind, um die Wirkung von eingelegter Arbeit hervorzubringen. Die kleine Kanzel auf den Stufen zum heiligen Schrank ist transportabel und

Digitized by Google

wird nur bei besondern Gelegenheiten benützt. In gleicher Weise wie die genannten Gegenstände ist auch die Frauengalerie (Blatt 638) holzartig gemalt.

Die Seitenwände des Betsaales sind teppichartig behandelt, und zwar in violett, grün und gelb, unten etwas dunkler, oben heller. Die Decke, durch gleichfalls in verschiedenen Holzarten verzierte Durchzugsbalken in mehrere Felder getheilt, hat einen ahornholzfarbigen Grundton, auf welchem Linienverschlingungen und Ornamente mit nur wenigen Farbentönen gemalt sind. Durch vorstehende Behandlung wurde eine freundlich ernste zum Charakter des Ganzen wohl passende Wirkung hervorgebracht.

Das Aeußere des Gebäudes anlangend, so zeigt dasselbe auf den ersten Blick seine analoge Entwickelung aus dem Innern. Das architektonische Mittel der Vorderfaßade ist durch die Gruppe des Portales mit den drei oberhalb befindlichen Fenstern markirt, deren Wirkung durch die einfache ruhige Haltung der übrigen Masse gehoben wird und dem Ganzen einen beinahe mysteriösen Anstrich verleiht.

An der Seitenansicht (siehe perspektivische Ansicht) läßt sich leicht der innere für den Betsaal bestimmte, so wie der für den davor liegenden Vorplatz und die Treppe dienende Raum erkennen, indem die größern Fenster, für sich eine abgegrenzte Gruppe bildend, den größern innern Raum bezeichnen, die kleinern Fenster aber einen untergeordneten Zweck und Raum erkennen lassen. Die Fenster des Treppenhauses sind mehr den Fenstern der Vorderfaßade nachgebildet, weil sie wie die letzteren zur Beleuchtung eines und desselben Raumes dienen und sich deshalb eine gleichartige Durchführung derselben fühlbar machte.

In Betreff der hauptsächlichsten noch übrigen Details ist nur noch zu bemerken, daß bei ihrer Anordnung besonders die leichte Ausführbarkeit berücksichtiget werden mußte, weßhalb z. B. bei den Fenstern zur Beleuchtung des Betsaales der Hufeisenbogen nur nach außen und mehr in dekorativer Weise sich ausspricht, während nach innen der Rundbogen beibehalten wurde.

Die beiden Gesetztafeln im obern Theile des Giebels wurden als zu demselben gehörend und organisch damit verbunden in der Art angebracht, daß das Hauptgesimse sich darüber hinzieht und gleichsam die Umrahmung und Bedeckung derselben bildet; sie als ein für sich Bestehendes auf dem Giebel selbst aufzustellen, erschien nicht thunlich, weil abgesehen von der hierdurch gestörten Harmonie die Absichtlichkeit zu grell hervortreten würde, das Gebäude dadurch charakterisiren zu wollen.

Die Wahl des Materials war zum Theil von der Oertlichkeit, noch mehr aber von den Mitteln abhängig. Das Portal, die Fenstergewände, Fenstergurte ꝛc. wurden von weiß- und röthlich grauem Sandstein aus einem nahe gelegenen Bruch, das Hauptgesimse von höttinger Sandstein ausgeführt. Das übrige Mauerwerk wurde von in loco gebrochenen Kalksteinen hergestellt, glatt verputzt, quadrirt und mit einem zur Naturfarbe der Sandsteine passenden Anstrich versehen.

Eduard Bürklein.

Die Erniedrigung der Brückenbahn des Pont-Neuf in Paris.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 639 bis 663).

Als unter der Regierung Heinrich III die Umgebungen des Louvre sich mit Gebäuden bedeckten und St. Germain des Prés belebter wurde, fühlte man die Nothwendigkeit, über den Theil der Seine, welcher diese beiden Quartiere von Paris trennt, ein Verbindungsmittel herzustellen, das man zuerst durch eine Fähre zu erreichen suchte, bei der Unzukömmlichkeit derselben sich aber später zum Bau einer Brücke entschloß, deren Bau dem Architekten des Königs, Jacques Androuet du Cerceau, übertragen wurde, der auch den Entwurf vorbereitet hatte. Am 31. Mai des Jahres 1578 legte Heinrich III unter großen Feierlichkeiten den ersten Stein des Widerlagspfeilers an dem Ufer der Augustiner. An dieser Seite waren erst 4 Pfeiler bis etwa 2m0 über der Flußsohle aufgeführt, als bürgerliche Zwiste den Bau unterbrachen. Im Jahre 1602 nahm Heinrich IV die Arbeiten wieder auf und ließ dieselben so betreiben, daß er am 20. Mai 1603 über die Brücke ging, obgleich dies mit Gefahr verbunden war, da sie ihre Vollendung noch nicht erreicht hatte, welche

Digitized by Google

erſt im Jahre 1607 unter der Leitung des Architekten Charles Marchand erfolgte. Der Pont-Neuf galt lange Zeit für eine der ſchönſten Brücken Europa's. Seine ganze Länge beträgt 229m41 bei einer Breite zwiſchen den Stirnen von 23m10.

Um die Verbindung dieſer Brücke mit der Cité-Inſel herzuſtellen, verlängerte man die weſtliche Spitze dieſer Inſel, wodurch der Pont-Neuf in zwei Theile getheilt wurde, wovon der ſüdliche aus 4 Bogen beſteht und zwiſchen den beiden Stirnpfeilern eine Länge von 80m49 hat, während der nördliche 8 Bogen zählt und 148m92 lang iſt. Die Spannung und Höhe der Bögen, ſo wie die Stärke der Pfeiler ſind nicht gleich; die Pfeiler des mittlern Bogens über dem großen Seinearm (Blatt **659** Fig. 1) ſtehen von Achſe zu Achſe ſtromaufwärts 23m94, ſtromabwärts 24m08 voneinander entfernt; alle übrigen Dimenſionen dieſer Pfeiler und des ſie verbindenden Bogens ſind aus Fig. 2 und 3 zu erſehen. Fig. 4 und 5 iſt der mittlere Bogen über dem kleinen Seinearm, der eine Höhe von 10m08 über dem niedrigſten Waſſerſtand hat. Die Brücke iſt an beiden Stirnen mit einem weit ausladenden Geſims nach ihrer ganzen Länge bekrönt, das von Konſolen getragen wird, denen der Architekt die Form von Masken von Satyren und Dryaden in edlem Stil gegeben hat, und von denen ſelbſt einige durch die Künſtlerhand des Germain Pilon ausgeführt ſein ſollen. Im Jahre 1775 wurden zweckmäßige und große Reparaturen an dem Pont-Neuf vorgenommen; die Trottoirs wurden niedriger gelegt und ſchmäler gemacht; die Halbkreiſe, die ſich über den Pfeilern erhoben und leere Plätze bildeten, welche faſt immer mit Unreinigkeiten angefüllt waren, wurden mit Boutiquen von Quaderſtein überbaut und mit Halbkugeln überdeckt; auf dieſe Art entſtanden auf beiden Seiten der Brückenbahn 20 kleine Käufläden, welche die Brücke ſchmückten und belebten, ohne daß ſie die Ausſicht auf die Seine hinderten.

Obgleich in den Jahren 1820 und 1821 bei Gelegenheit einiger nothwendig gewordenen Reparaturen die Oberfläche der Brückenbahn niedriger gelegt und ihre Steigung vermindert worden war, ſo blieb ſie doch immer noch zu ſteil und für den auf derſelben ſtattfindenden Verkehr (es paſſiren über den Pont-Neuf in der Zeit von 24 Stunden 90000 Fußgänger und 15000 Pferde) viel zu unbequem, weßhalb man eine abermalige Senkung der Brückenbahn für nothwendig erachtete, die aber nicht mehr in der bloßen Abtragung der Brückenbahn, ſondern in der Niedrigerlegung des Gewölbſchluſſes der verſchiedenen Bogen um mehr als 1m0 beſtehen mußte; eine Veränderung, welche beinahe den ganzen Neubau der Brücke mit ſich führte, wie aus der Anſicht der Fig. 1 (Blatt **660**) hervorgeht, welche den alten und den neuen Bau im Querſchnitt darſtellt. Um den Verkehr auf der Brücke nicht gänzlich zu unterbrechen, wurden die neuen Gewölbe unter den alten ausgeführt, und nach Vollendung derſelben erſt das alte Mauerwerk über den neuen Bogen abgetragen. Blatt **661** zeigt die Anſicht, den Grundriß und einen Querſchnitt der Lehrgerüſte zur neuen Einwölbung. Zur Herbeiſchaffung der Baumaterialien und zum nothwendigen Verkehr errichtete man die auf Blatt **662** und **663** im Grundriß, Querſchnitt und Aufriß dargeſtellte hölzerne Dienſtbrücke mit einer Eiſenbahn zum Transport der Steine und übrigen Materialien. Fig. 1 Blatt **663** iſt ein Theil des Querſchnittes vom Schluß eines Bogens mit der darüber liegenden Brückenbahn. Die mit A bezeichneten Theile ſind harter Liasſtein aus den Brüchen von Bagneux, einer der ſchönſten Bauſteine, die man in Paris verwendet; die mit B bezeichneten ſind Steine von Chateau-Landon, eine Marmorart von grauer mit gelb ungleich vermengter Farbe; C iſt Schutt; D iſt ein Sandlager für das Sandſteinpflaſter I, E iſt das von Kieſelbeten ausgeführte Gewölbe des Waſſerabzugskanals, der aus behauenem Bruchſtein aus der Ebene von Paris aufgemauert und deſſen Sohle G von hydrauliſchem Mörtel hergeſtellt iſt; F iſt Bruchſteinmauerwerk; H iſt die 0m06 ſtarke Ueberdeckung des Gewölbes von hydrauliſchem Mörtel mit einer 0m01 ſtarken Aſphaltſchicht; J iſt der Randſtein des Trottoirs von Granit aus der Normandie; K ſind die Trottoirplatten von demſelben Stein. Sämmtliches Mauerwerk wurde von Mörtel aus hydrauliſchem Kalk mit Flußſand vermengt aufgeführt. Das Bekrönungsgeſims der Stirnmauern iſt ganz nach dem alten Geſims wie auf Blatt **659** neu hergeſtellt worden. Die Baukoſten betrugen beiläufig 1725000 Fr. Geleitet wurde der Bau von dem Waſſer- und Straßenbau-Ingenieur en Chef Herrn de Lagallafferie.

Digitized by Google

Geſchichte und Beſchreibung des kaledoniſchen Kanals in Schottland zur Verbindung der Nordſee mit dem atlantiſchen Ocean.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 664—666.)

Der kaledoniſche Kanal, welcher auf Staatskoſten mit einem Aufwande von beiläufig zehn Millionen Gulden erbaut wurde, verdient mit Recht die beiden Strophen, welche der berühmte Delille dem Kanal von Languedoc in Frankreich widmete:

„Chef d'oeuvre qui vainquit les monts, les champs, les ondes,
Et joignit les deux mers qui joignent les deux mondes."

Die Aufmerkſamkeit des Ingenieurs und des Staatsmannes nimmt er in Anſpruch wegen ſeiner Großartigkeit und der Schwierigkeit, welche mit ſeiner Ausführung verbunden war, dann durch den Einfluß dieſer ſchiffbaren Straße auf die Induſtrie und die Kultur der angrenzenden Gegenden, und endlich wegen des abgekürzten Weges, den jetzt die Schiffe zu machen haben, welche aus der Nordſee oder dem deutſchen Meere zum atlantiſchen Ocean fahren und früher die orkadiſchen Inſeln mit großer Gefahr umſegeln mußten.

Der berühmte James Watt, welcher ſeine Kunſt als Civilingenieur in Glasgow auszuüben begann, fertigte um das Jahr 1773 einen Kataſterplan von dem mittleren Theile Hochſchottlands an; ein Auftrag, der ihm von den Gläubigern der nach der Revoluzion von 1745 konfiſcirten Güter ertheilt war. Unter den Verbeſſerungen, welche er für die Hebung der Kultur dieſes Landſtriches vorſchlug, war auch die Idee zur Anlage der Kanäle von Krinan und Kaledonien inbegriffen.

Hochſchottland iſt durch eine Reihe von Seen, die von Nordoſten nach Südweſten in gerader Linie liegen, in zwei beinahe gleiche Hälften getheilt; es ſind die Seen Linnhe, Eil, Lochie, Dich, Neß, und Doughfour. Bei dem Umſtande, daß dieſe Seen aufeinander folgen, lag der Gedanke an eine leichte Verbindung zwiſchen den beiden, die Oſt- und Weſtküſte Schottland's beſpülenden Meeren ſehr nahe, und es genügte dieſe Abſicht zu erreichen, die Grabung von 34 Kilometern Kanal, um eine ſchiffbare Linie auf eine Entfernung von 160 Kilometer (21 öſter. Meilen) herzuſtellen.

Als die Lords des Schatzmeiſteramtes genaue Kenntniß davon haben wollten, welche Mittel zur Verbeſſerung der Zuſtände in Hochſchottland möglich ſeien, um den Auswanderungen ein Ziel zu ſetzen, oder um ſie wenigſtens zu vermindern, beauftragten ſie Hrn. Telford mit einer neuen Aufnahme der Küſten und des Innern des Landes. Mit einem ſehr weitläufigen Berichte legte dieſer Ingenieur die Entwürfe zu den Bauten vor, deren Ausführung ihm für die Verbeſſerung des Landes und für die Beſchäftigung der arbeitsloſen Bewohner nothwendig erſchien. In dieſem Berichte brachte er den von Watt gemachten Vorſchlag, von Inverneß bis zum Fort William einen Kanal zu eröffnen, abermals zur Sprache; Watt aber wollte, daß man demſelben nur eine Tiefe von 3^m0 gebe, was beiläufig 6 Decimeter mehr betrug als die Tiefe des Forth- und Clydekanals, den man zur Zeit ſeiner Erbauung den „großen Kanal" nannte. Da aber Telford die Beobachtung gemacht hatte, daß die obern Seen am Theilungspunkt ſehr reichliches Waſſer lieferten, ſo hielt er es für zweckmäßiger den großen Handelsfahrzeugen, die den Verkehr mit dem baltiſchen Meere vermitteln, und ſelbſt Fregatten von 28 Kanonen einen Durchgang zu verſchaffen, weßhalb er vorſchlug, dem neuen Kanal eine Tiefe von 6^m10 zu geben.

Das Comité des Parlaments, das mit der Prüfung der Lage Hochſchottlands und mit Angabe der Mittel zur Verbeſſerung dieſer Lage betraut war, nahm Kenntniß von dem Entwurfe Telford's. Um ſich von der Ausführung deſſelben und von den dafür zu machenden Ausgaben größere Ueberzeugung zu verſchaffen, holte das Comité ein Gutachten der beiden, damals im größten Rufe ſtehenden Ingenieure Jeſſop und Rennie ein; man vernahm geſchickte Seeleute über alles, was die Fahrt und das Ankern der Schiffe auf den Seen und im Kanale betraf; endlich erhob man genaue Daten über Abreiſe und Ankunft der Schiffe von und in den Häfen von Liverpool, Greenock, Leith und Aberdeen, und vermochte nun noch genauer zu beurtheilen, von welcher Art die Vortheile ſein

Digitized by Google

würden, die man ſich von der neuen Handelsſtraße für die zwiſchen den beiden genannten Meeren verkehrenden Schiffe verſprechen könnte.

Da die hiebei gepflogenen Berathungen günſtig ausfielen, ſo bewilligte eine Parlamentsakte vom Monat Juli des Jahres 1803 die erſten zur Ausführung des Baues erforderlichen Fonds, und eine durch dieſelbe Akte für die Ueberwachung der Arbeiten und für die Kontrole der Ausgaben ernannte Pflegeſchaft wählte Th. Telford zu ihrem Ingenieur und beauftragte ihn 1. ohne Verzug das Terrain zwiſchen Inverneß und Fort William aufzunehmen, 2. Bohrungen anzuſtellen, um die Beſchaffenheit des Bodens kennen zu lernen. Jeſſop nahm dieſelben Pläne auf, und legte ſeine beſonderen Berechnungen vor, auf welche Art man eine doppelte Gewißheit über die Operazion erlangte, die man auszuführen im Begriffe war. Gleichzeitig ſondirte der geſchickte Hydrograph Bownie die Seen, welche die Schifffahrtslinie durchſchneiden ſollte. Telford und Jeſſop wurden zu Ingenieurdirektoren für den neuen Bau ernannt. Ihre ſehr umſtändlichen Berichte an das Parlament über den Fortgang des Baues ſind der nachfolgenden Darſtellung zu Grunde gelegt. —

Geologiſche Beſchaffenheit des Terrains. — Wenn man in Schottland nach großen natürlichen Terraintheilungen ſucht, ſo überzeugt man ſich bald, daß dieſes Land in drei Theile geſchieden iſt, deren beiden oberen durch die Meerbuſen von Murray und Linnhe geſchieden ſind, während der untere mit dem mittleren Theile nur durch das obere Land in Verbindung ſteht, das ſich zwiſchen der Bai von Forth und der Ausmündung des Clyde befindet. Durch dieſes letztere Thal legte man den ſchönen Unionskanal zur Verbindung des Clyde mit der Forthbai oder Edimburgs mit Glasgow an, und das erſtere, zwiſchen den Meerbuſen Murray und Linnhe, wird von dem kaledoniſchen Kanal durchſchnitten.

Dieſes Thal des kaledoniſchen Kanals erhielt von den Geologen den Namen des großen Thales von Schottland; eine Benennung, welche es ſowohl wegen der Großartigkeit ſeiner Verhältniſſe und der Schönheit ſeiner Landſchaften, als wegen der Beſtimmtheit ſeiner geologiſchen Charaktere verdient; Charaktere, welche ſo ſtark ausgedrückt ſind, daß ſie über das Alter dieſes ſchönen Thales keinen Zweifel zulaſſen. — Das große ſchottiſche Thal entwickelt ſich in einer einzigen Richtung auf eine Länge von beiläufig 200 Kilom. Das Vorgebirge Tarbet-Neß bildet den öſtlichen Abfall in das deutſche Meer, und die Inſel Mull den weſtlichen in den atlantiſchen Ocean.

Zieht man eine Linie zwiſchen dieſen beiden Punkten, ſo findet man, daß ſie ſich merklich der Längenachſe der Baien und Seen nähert, welche das große Thal Schottlands bilden, deſſen Richtung von Südweſten nach Nordweſten geht. Dieſes ſo zu ſagen geometriſche Alignement iſt bewundernswerth; die Richtung des Thales iſt es nicht minder, beſonders nach folgender allgemeinen Bemerkung von Boué „daß die Hauptketten der ſchottiſchen Gebirge dieſelbe Richtung von Südweſt nach Nordweſt haben, welche man bei ſo vielen Gebirgsketten der alten und neuen Welt bemerkt.“

Das höchſte Gebirge der britiſchen Inſel, der Ben-Nevis, deſſen Erhebung über die Meeresfläche 4380 Fuß beträgt, beherrſcht das große ſchottiſche Thal und bildet den Anhaltspunkt zur Kenntnißnahme der verſchiedenen Gebirgsarten, in die ſich dieſes Thal eingeſchnitten hat. Der Ben-Nevis und die ihn umgebenden Gebirge beſtehen aus porphyrartigem und granitiſchem Geſtein, auf welchem die ungeheuere Maſſe Glimmerſchiefer lagert, aus der allein beinahe ganz Hochſchottland beſteht, und mitten in dieſe Hauptformazion iſt das große ſchottiſche Thal eingeſchnitten. Aber nicht aus dieſem Geſteine allein beſtehen die Gebirge, welche es begrenzen: Granit, Syenit, Gneis und anderes Urgeſtein (ſo viel es ſcheint, dem Glimmſchiefer untergeordnet) treten an verſchiedenen Orten zum Vorſchein, und beſonders macht ſich Syenit bemerkbar, den man an den Waſſerfällen von Fyars findet. Die für den Bau des kaledoniſchen Kanals eröffneten Steinbrüche legten andere Maſſen von Granit oder Gneis zu Tage.

Das an ſeinem weſtlichen Ausgange aus vulkaniſchen Gebilden der Inſel Mull beſtehende Thal von Schottland durchſchneidet alſo Gneis-, Granit-, Syenit- und Glimmerſchieferformazionen und endigt ſich an ſeinem öſtlichen breiter gewordenen Ende in Rothſandſtein.

Werfen wir jetzt einen allgemeinen Blick über die Geſtalt dieſes Thales, ſo bemerken wir, daß dieſelbe nicht weniger merkwürdig iſt als ſeine Richtung; man iſt in der That erſtaunt über den beinahe fortwährenden Parallelismus mit den es beherrſchenden Gebirgen. Die Baien von Linnhe und Eil, die Seen Lochie, Dich, Neß, die Bai von Murray, zeigen die-

Digitized by Google

ſen Charakter auf eine eben ſo hervortretende Art; die Ausbreitung an einem Ende, oder ſelbſt die zufälligen Unregelmäßigkeiten, die man wahrnehmen kann, ſind niemals ſo bedeutend, um dieſen allgemeinen Charakter der Konfiguraziön des Thales zu verſtecken.

Peilungen, die auf den Seen und den Baien, aus dem der hauptſächlichſte Theil des ſchottiſchen Thales beſteht, mit der größten Sorgfalt unternommen wurden, hatten das Ergebniß, daß die Tiefe des Neßſees die der tiefſten Punkte der Murraybai um 70 Fathoms (128m), und die Tiefe des germaniſchen Oceans zwiſchen Inverneß und Jütland um nur 40 Fathoms (73m) überſteigt.

Das große mit den Hauptketten der ſchottiſchen Gebirge und mit mehreren andern wichtigen Hauptketten der alten und neuen Welt parallel laufende Thal von Schottland iſt alſo mitten in Urgebirgen oder in Gebilden jüngſten Alters der Flötzgebirgsformazion eingeſchnitten und bildet am Fuße des höchſten Gebirges der britiſchen Inſel eine große geradlinige Kluft, deren Ränder nahe aneinander liegen und die eine größere Tiefe hat als ſelbſt der Ocean an beiden Seiten des Thales.

Jeſſop, wie bereits erwähnt einer der berühmteſten Ingenieure Englands, welcher von den Kommiſſären des kaledoniſchen Kanals beauftragt war mit Telford gemeinſchaftlich die Bauarbeiten an demſelben zu überwachen, ſpricht ſich über den allgemeinen geologiſchen Bau des ſchottiſchen Thales folgendermaßen aus: „Alles läßt vermuthen, daß dieſes Thal in einer ſehr fernen Epoche von einem Meere zum andern geöffnet war, und daß das Land, das jetzt die verſchiedenen Seen trennt, aus Trümmern benachbarter Gebirge beſteht, die durch Regengüſſe abgelöſt und hinabgeſchwemmt wurden. Dieſe Ereigniſſe ſind beſonders bemerkbar an dem Ben-Nevis, welcher augenſcheinlich ein Theil eines viel höhern Gebirges iſt, mit dem noch zwei andere minder hohe Gebirge in Verbindung ſtanden, die jetzt zwei ungeheuere Schluchten bilden, deren Alluvionen wahrſcheinlich die niedere Ebene des Forts William gebildet haben.“

Die Ausgrabung des kaledoniſchen Kanals hat dieſe Vermuthung beſtätigt, wie man aus allem Nachfolgenden entnehmen kann; es läßt ſich hier nur im voraus bemerken, daß die Tiefe der Seen in dem Thale von Schottland um ſo geringer wird als ihre Länge ſich vermindert. So beträgt die größte Tiefe des Neßſees 129 Fathoms (236m); ſeine Ufer ſind außerordentlich ſteil; der Dichſee hat 26 Fathoms (47m) Tiefe, und es mußten ſeine Ufer bedeutend gebaggert werden, um den Schiffen Durchgang zu verſchaffen. Der Doughfourſee hat nur eine Tiefe von einigen Fathoms. —

Beſchreibung des Kanals. — Der Zweck des kaledoniſchen Kanals iſt die Verbindung der vier oben erwähnten Seen (ſiehe den Generalplan Blatt **664**) einerſeits mit den Baien von Beauley und Murray am deutſchen Meere, anderſeits mit den Baien von Eil und Linnhe am atlantiſchen Ocean.

Um dieſe Verbindung herzuſtellen waren vier Kanalhaltungen erforderlich, wie aus den Plänen (Blatt **664** und **665**) hervorgeht. Aus der nachſtehenden Tabelle ſind die Längen der Seen, der ſie trennenden Landſtrecken und der Kanalhaltungen erſichtlich.

	Land m.	Kanalhaltung m.	Seen m.
Entfernung in gerader Linie zwiſchen der Bai v. Eil u. dem See Lochie	11200	—	—
Erſte Kanalhaltung	—	12800	—
Länge des Sees Lochie	—	—	16000
Entfernung zwiſchen dem See Lochie und dem See Dich . . .	2400	—	—
Zweite Kanalhaltung zwiſchen den beiden Seen	—	2900	—
Länge des Sees Dich	—	—	5920
Entfernung zwiſchen den Seen Dich und Neß	8000	—	—
Dritte Kanalhaltung zwiſchen den beiden Seen	—	8700	—
Länge des Neßſees	—	—	37920
Länge des Sees Doughfour	—	—	2400
Entfernung zwiſchen dem See Doughfour und der Bai von Beaulay	8800	—	—
Kanalhaltung zwiſchen dem See Doughfour und der Bai von Beaulay	—	11100	—
Summa	30400	35500	62240

Digitized by Google

Die Totallänge der Schifffahrtslinie zwiſchen den beiden Meeren beträgt demnach 35500 + 62240 = 97740m.

Der Kanal iſt für einen Tiefgang der Schiffe von 20 Fuß engl. (6m 10) gebaut; an der Sohle hat er eine Breite von 50 Fuß (Siehe die Profile). Wo der Kanal in dem natürlichen Boden ausgegraben iſt, hat er 1½füßige, da aber, wo er zwiſchen Dammufern geht, 2füßige Böſchungen; außerdem iſt in einer Tiefe von 4 bis 10 Fuß unter dem Waſſerſpiegel ein 6 Fuß breites Bankett angelegt, um die herunter rollende Erde aufzufangen, damit ſie nicht bis zum Kanalboden hinunter falle und leichter wieder zu beſeitigen ſei. Die Breite des Kanals am Waſſerſpiegel beträgt 122 Fuß als Minimum; oft iſt ſeine Breite, wenn eins der Ufer im Abtrage und das andere im Auftrage iſt, oder wenn alle beide im Auftrage ſind, 142 Fuß. Die Schleuſen haben eine Länge von 172 Fuß bei 40 Fuß Breite.

Der kaledoniſche Kanal iſt ein Kanal mit Theilungspunkt, wie aus dem Längenprofil (Blatt **664**) zu erſehen iſt. Der Dichſee bildet die höchſte Haltung. Der mittlere Waſſerſtand dieſes Sees liegt 94 Fuß über dem Waſſerſtande bei tauber Flut in der Bai von Beauley, und 90 Fuß über der tauben Flut in der Bai von Eil. Von der obern Haltung führen 14 Schleuſen zur letztern Bai, und zu der von Beauley ſteigt man durch 13 Schleuſen hinunter. Der See Dich ſpeiſt öſtlich und weſtlich die beiden Haltungen des mittleren Diſtriktes. Der See Lochie ſpeiſt die weſtliche und die Seen Neß und Doughfour die öſtliche Haltung.

Der beſſeren Ordnung wegen theilen wir die Beſchreibung des Kanals in drei Theile:

1. der Weſtdiſtrikt oder Diſtrikt Corpach;
2. der mittlere Diſtrikt;
3. der Oſtdiſtrikt oder Diſtrikt Clachnacarry.

I. Der Diſtrikt von Corpach. (Blatt **665** Fig. 1) — In dieſem Diſtrikt liegt der See Lochie, welcher bei einer Länge von 16000 M. eine Breite hat, die von 1200 bis 2000m variirt, und iſt von beiden Seiten von Bergen begrenzt. Die Kette, welche ſein ſüdliches Ufer bildet und deren Abhänge die jäheſten ſind, iſt ſehr gradlinig und iſt an dem weſtlichen Ende des Sees höher als an der öſtlichen. Die Vegetazion daſelbſt beſteht im Allgemeinen in ſchönen Weiden, welche von einer Unzahl kleiner Bäche durchſchnitten werden, die den Felſen zwei oder drei Fuß unter dem Boden bloßlegen. Der Anblick des Gebirges, welches das andere Ufer des Sees Lochie bildet, iſt verſchieden gegen das vorige Gebirge, denn es iſt durch breite und tiefe Schluchten zerriſſen, die manchmal bis zum weſtlichen Theil des Sees, wo das Thal Arkeg beginnt, das von einem Fluſſe bewäſſert wird, der den gleichen Namen führt als der See aus dem er kommt, beträchtliche Abgründe bilden. Die Bai, in welche der eben genannte Fluß ausmündet, hat einen ſehr guten Ankergrund, ſelbſt in einer bedeutenden Entfernung vom Ufer. An den beiden langen Ufern des Sees ſind die Abhänge beiläufig an ein und demſelben Orte ſanft; an dem öſtlichen und weſtlichen Ende aber war an den Ufern zu wenig Tiefe, als daß die Köpfe der beiden Haltungen, die durch den See miteinander verbunden ſind, nicht bedeutende Baggerungsarbeiten erfordert hätten. Um einem Theil dieſer Arbeiten auszuweichen, entſchloß man ſich den Waſſerſpiegel deſſelben um 12 Fuß zu erhöhen. Um dieſe Abſicht zu erreichen, grub man dem Fluß Lochie ein neues Bett mit einem 12 Fuß höher gelegenen Waſſerſpiegel als im alten Bett, und leitete dieſes neue Bett nach einem andern, Spean genannten Fluſſe, einem Nebenfluſſe des Lochie. Beim Graben dieſes neuen 800m langen Bettes ſtieß man auf den Felſen, wodurch unſtreitig die Koſten vermehrt wurden, hingegen aber auch der Vortheil entſtand, mit Leichtigkeit ein ſolides Wehr in dem Fluſſe Lochie zu errichten und eine Brücke zu gründen, welche in zwei, je 50 Fuß weiten Bogen angelegt wurde; dann erniedrigte man etwas weiter abwärts den Boden um 12 Fuß und ſetzte das neue Bett unterhalb dieſer Senkung bis zum Fluſſe Spean fort. Demnächſt wurde das alte Flußbett des Lochie bei ſeiner Ausmündung in den See ausgefüllt, deſſen Waſſerſpiegel ſich nun ſo weit heben mußte, bis er das neue Bett erreichte.

Im Winter des Jahres 1821 ſtieg das Waſſer des Lochieſees zu einer bis dahin unbekannten Höhe; nämlich 12 Fuß über dem mittlern Waſſerſtand, wodurch die Ufer ſtark beſchädigt wurden; man erkannte daher die Nothwendigkeit der neuen Ausmündung des Fluſſes eine größere Breite zu geben, welche Arbeit im November 1827 beendigt war.

Dieſes temporäre Steigen des Waſſers iſt dem Lochieſee nicht eigen; im Winter findet derſelbe Fall auch in den vier übrigen Seen in Folge des in den benachbarten Gebirgen geſchmolzenen Schnees oder des gefallenen Regens ſtatt. Dieſe Veränderung des Waſſerſtandes in den Seen führte die Nothwendigkeit herbei, an dem Kopfe einer jeden Haltung eine Regulirungsſchleuſe anzulegen, welche beim mittleren Waſſerſtande offen iſt, beim Wachſen des Sees aber verſchloſſen wird,

Digitized by Google

damit der Waſſerſpiegel in den mit dieſen Seen in Verbindung ſtehenden Kanalhaltungen ſich nicht ebenfalls erhebe.

Der Kopf der Kanalhaltung befindet ſich an dem weſtlichen Ende des Lochieſees und nahe an ſeinem nördlichen Ufer; der Kanal nimmt hier ſo ziemlich ganz bis zur Regulirungsſchleuſe, welche beiläufig 800 Meter vom See entfernt liegt, das ehemalige Flußbett ein. Die Fundamente dieſer Schleuſe ſtehen auf Felſen.

Von der Regulirungsſchleuſe an hat der Waſſerſpiegel des Kanals bis zu den 8 gekuppelten Schleuſen, die Neptunstreppe genannt, auf einer Länge von 9600 Metern dieſelbe Höhe wie der beim mittleren Waſſerſtande des Lochieſees. Wir wollen den Zug dieſer Kanalſtrecke mit Zuhilfenahme des Situationsplanes (Blatt 663 Fig. 1) etwas näher verfolgen.

Etwa 400 Meter von der Regulirungsſchleuſe entfernt nähert ſich der Kanal, der ſich von dem alten Flußbette entfernt hatte, dieſem allmählig und nimmt daſſelbe, in welchem die vereinigten Gewäſſer des Spean und des Lochie fließen, endlich ganz ein. Wenn man zu dem Falle des Fluſſes Lochie bei der Brücke von Mucomer das Totalgefälle der Strecke zwiſchen dem Einfluß der beiden Flüſſe von dem Punkt, wo ſie den Kanal berühren, hinzufügt, ſo findet man, daß der Waſſerſpiegel des kaledoniſchen Kanals bei dieſem Berührungspunkte 17 bis 18 Fuß über dem Niveau des Fluſſes Lochie liegen muß. Auf dieſe intereſſante Poſition bezieht ſich das Profil Nr. 1 Blatt 666.

Zur Zeit, als wir den Kanal beſuchten, betrug die Waſſertiefe der weſtlichen Haltung 17 Fuß, und wir fanden zwiſchen ihrem Waſſerſpiegel und dem des Fluſſes einen Niveauunterſchied von 15 Fuß.

In dem Profil Nr. 1 bemerkt man, daß der Kanal in dem alten Bette des Fluſſes liegt, der beinahe mit ſeiner ganzen Breite verlegt iſt. Man war gezwungen den Kanal in dieſe ſchwierige Lage zu bringen, denn hätte man ihn weiter in das natürliche Terrain vorgeſchoben, ſo wäre man gezwungen geweſen ihn in den Felſen einzuſchneiden. Der Auftrag des Kanals wurde an dieſer Stelle mit dem Material von dem Durchſtich des ehemaligen Flußufers und der nahen Inſel ausgeführt, wohin der Kanal gelegt worden iſt; der ganze Theil des Kanals, der auf dieſe Art von dem durch den Fluß Spean verſtärkten Fluß Lochie benetzt wird, iſt durch Steinböſchungen geſichert, wozu man das Material aus dem Kanalbette nahm; der Theil der vom Hochwaſſer erreicht werden kann, iſt mit Raſen bekleidet, und der übrige Theil des Ufers iſt mit Fichten und Tannen bepflanzt.

Von hier aus hält ſich der Kanal auf dem Abhang der Hügel und Felſen und hat ſchon bei Moy eine ſehr beträchtliche Höhe über dem natürlichen Boden erreicht, wie aus dem Profil 2 zu erſehen iſt, wo der Kanal mit ſeiner ganzen Waſſertiefe über dem Ackerlande liegt. Bei Moy trifft der Kanal auf den erſten Wildbach von einiger Bedeutung, der übrigens ſchon durch andere längs des nördlichen Kanalufers liegende Wildbäche vermittelſt eines Seitengrabens verſtärkt worden iſt. Man hatte anfänglich die Abſicht, den Wildbach unter den Kanal durchzuführen; da man aber bedachte, daß die von dieſen Bächen herabrollenden Geſchiebe in den höhern Teichen und durch einige Kunſtbauten aufgefangen werden könnten, ſo entſchloß man ſich lieber ihr Waſſer in den Kanal einzulaſſen, als einen Aquädukt anzulegen, der an dieſer Stelle für eine fortwährende Beaufſichtigung unzugänglich war. Es wurden daher die erforderlichen Vorſichtsmaßregeln genommen; die Wildbäche wurden regulirt und vertieft und von Strecke zu Strecke aufgeſtaut, ſo daß ihre Gewäſſer nur unter kleinen ſchmalen Durchläſſen in den Kanal gelangen, welche irgend einem durch die Gewalt des Waſſers herbeigeführten Steinblock den Durchgang nicht geſtatten. Gleichzeitig errichtete man an dem entgegengeſetzten Ufer des Kanals einen Ablaß zur Ableitung des durch die Wildbäche einlaufenden Waſſers. Von dieſem Punkt aus geht der Kanal bis zum Bergſtrom Loy, und da hier der Höhenunterſchied zu dem Lochiefluß ſehr bedeutend geworden, ſo führte man den Wildbach mittelſt einer Ablaßſchleuſe unter den Kanal hindurch. Der Niveauunterſchied des Waſſerſpiegels im Kanal zu dem im Fluſſe beträgt $13^{m}68$; der Kanal überſetzt aber den Bergſtrom in ziemlicher Entfernung vom Fluſſe, und da das Gefälle des letztern ſehr bedeutend iſt, ſo entſteht zwiſchen ſeinem Bett, das im Sommer trocken liegt, und dem Waſſerſpiegel des Kanals nur ein Niveauunterſchied von beiläufig 35 Fuß, und rechnet man die Waſſertiefe des Kanals ab, ſo bleiben noch 15 Fuß unter der Kanalſohle. Blatt 664 und 666 geben zwei Durchſchnitte des Aquäduktes von Loy, nach der Länge und nach der Quere. Die Kanalſohle iſt durch eine circa 3 Fuß ſtarke geſchlagene Thonlage gebildet, die auf drei überwölbten Oeffnungen liegt, deren mittelſte eine Spannweite von 25 und eine Höhe von 9 Fuß

Digitized by Google

hat, während die beiden andern, deren Heerd um einen Fuß höher liegt, 8 Fuß hoch und 10 Fuß weit ſind. Es hatte dieſe Anordnung den Zweck, ſich dieſes Ablaſſes zu einer unterirdiſchen Brücke in dem Falle zu bedienen, wenn das Waſſer keine ſolche Höhe erreicht hat, um noch einen andern Abfluß als durch die Mitte nothwendig zu machen. Die Länge des Mauerwerks nach der Quere beträgt beiläufig $66^{m}88$.

In einiger Entfernung von dieſer Ablaßſchleuſe treffen wir auf einen andern nicht weniger bemerkenswerthen Bau, den Grundablaß von Strone, der zu dem Zwecke aufgeführt wurde, ein genaues Ablaſſen des Waſſers aus dem Kanale zu bewirken, im Fall der Wildbach von Moy zu viel Waſſer herbeiführe, oder wenn bei außergewöhnlichem Hochwaſſer des Sees Lochie der Kanal zu ſtark angeſchwollen. Er beſteht nach Blatt **666** aus einem unterirdiſchen Gewölbe mit drei bis zur Kanalſohle hinabgehenden Schützen, jede von 4 Fuß Breite und 3 Fuß Höhe, und es hat die Erfahrung gezeigt, daß das Werk ſeinem Zwecke vollkommen entſpricht.

In der nun folgenden Kanaltrace wurden noch mehrere andere Aquädukte nach ähnlichem Syſtem angelegt, jedoch im Allgemeinen nach geringeren Verhältniſſen; eine nähere Beſchreibung derſelben erſcheint uns überflüſſig.

Im Allgemeinen war das Terrain, wie es das Längenprofil des Kanals auf Blatt **664** andeutet, ſehr unregelmäßig, und es fand bald ein Abtrag, bald ein Auftrag, bald beides zugleich an einer Stelle für die Bildung des Kanalbettes ſtatt; nach dem Wildbach von Moy war ein ſehr bedeutender Einſchnitt nothwendig, wobei man auf Felſen ſtieß, und in dem Sumpf von Eracht mußte theils aufgetragen, theils abgetragen werden. Bei Strone wurde ein ſtarker Einſchnitt von 9 Fuß Tiefe auf 160 Meter Länge im Felſen nothwendig, was die Ingenieure beſtimmte, hier den vorerwähnten Grundablaß anzulegen. Ein anderer noch bedeutenderer Einſchnitt wurde bei Muishearleh ausgeführt, deſſen Material dazu diente, die künſtlichen Ufer des Kanals in den niedriger gelegenen Theilen von Shangan und Strone herzuſtellen. Bei einem andern Einſchnitte zu Banavie traf man ebenfalls auf den Felſen. Bei Ober-Banavie nähert ſich der Kanal dem Fluſſe am meiſten, und es ſind ſeine Ufer hier am höchſten über demſelben gelegen, wie aus Profil 3, Blatt **666** zu erſehen iſt.

Wir kommen jetzt zu den 8 gekuppelten Schleuſen, die Neptunstreppe genannt; ein Werk, das mit ſo großer Schönheit ausgeführt wurde, daß es im Verhältniß zu der in romantiſcher Hinſicht großartigen Gegend ſteht, in welcher es liegt. Der Ben-Nevis beherrſcht dieſe Schleuſen, und der kaledoniſche Kanal, ſo wie die Neptunstreppe erſcheinen keineswegs als unwürdig dieſes impoſanten Gebirges. Die Entfernung von der Regulirungsſchleuſe nahe des Lochieſees bis zur Neptunstreppe beträgt $9600^{m}0$. Die acht gekuppelten Schleuſen haben ein Totalgefälle von 60 Fuß; ſie liegen in einem moraſtigen Grunde von etwa 1600 Meter Länge bis zu zwei andern, den Kanal um 16 Fuß ſenkenden Schleuſen. Die am niedrigſten gelegene dieſer Schleuſen iſt zum Theil in dem Felſen ausgearbeitet, der die Ufer der Bai von Eil bildet, und in demſelben Geſtein wurde das Baſſin von Corpach eingeſchnitten, das 300 Meter lang iſt und zwiſchen zwei Schleuſen liegt. Es iſt zu bemerken, daß das durch die Ausgrabung dieſes Baſſins gewonnene Material zur Anlage der Schutzdämme verwendet wurde, welche zur Sicherung der in die Bai von Eil vorſpringenden Eingangsſchleuſe nothwendig geworden ſind.

II. Der mittlere Diſtrikt (Blatt **665** Fig. 2). — Dieſer umfaßt zwei verſchiedene Haltungen, wie bereits geſagt wurde; die eine derſelben liegt zwiſchen dem See Lochie und Oich, und die andere zwiſchen den Seen Oich und Neß. Beginnen wir mit der erſteren.

Sie wird die Haltung von Laggan genannt und beſteht aus einem Einſchnitt in angeſchwemmtem Erdreich, das die Seen Lochie und Oich voneinander trennt; der höchſte Punkt lag ungefähr 19 Fuß über dem Waſſerſpiegel des projektirten Kanals, und es war daher bei dieſer Stelle eine Ausgrabung von 39 Fuß erforderlich; der übrige Theil des Einſchnittes erhebt ſich durchſchnittlich 12 bis 15 Fuß über der Waſſeroberfläche des Kanals. Die Erdarbeiten wurden in dieſer Haltung auf die gewöhnliche Art ausgeführt, ſo lange ſie über dem Niveau des Oichſees oder über dem eines kleinen Fluſſes ſtattfanden, der bei Shian von dem Kanal aufgenommen wird. Unter dem Waſſerſpiegel dieſer Gewäſſer wurde die Austiefung des Kanals durch den Erdräumer bewirkt.

Der Niveauunterſchied zwiſchen den Seen Oich und Lochie betrug ehemals 18 Fuß; da aber, wie früher geſagt, der letztere See um 12 Fuß höher geſpannt wurde, ſo blieb nur ein Unterſchied von 6 Fuß, welcher durch eine erſte Schleuſe überſtiegen wird, mit welcher man eine Regulirungsſchleuſe zu dem Zweck verbunden hat, die Niveauunterſchiede des Sees Oich auszugleichen.

Digitized by Google

Dieſe beiden Schleuſen liegen 400m von dem See Lochie und bei 2400m von dem See Oich entfernt, und es ergibt ſich daher, daß die ganze Haltung mit Einſchluß der Schleuſen eine Länge von 2900m enthält.

Bei dieſen beiden Schleuſen fand ein eigenthümlicher Umſtand ſtatt. Der Boden, in welchem man ſie ausgrub, war anfänglich waſſerdichte Thonerde; bei einer Tiefe von 14 Fuß ſtieß man auf eine Sand- und Kiesſchicht, durch welche eine beträchtliche Waſſermaſſe hervordrang, die aber doch durch eine Dampfmaſchine bewältigt werden konnte, und darunter lag eine Art von Torf, der durchaus waſſerdicht war und eine große Härte beſaß. In dieſe beiden letzten Gebilde wurden die Fundamente der Schleuſe gelegt und haben ſich darin vortrefflich erhalten. Der übrige Theil des Einſchnittes beſteht aus einem Gemiſch von Sand und mehr oder weniger ſtarkem Kies.

Dieſe Haltung, mit zwei ſehr kurzen und durch Steinböſchungen verſtärkten Dämmen, mündet in den See Oich aus.

Der See Oich hat einige ſehr merkwürdige Eigenthümlichkeiten; er bildet den Theilungspunkt des kaledoniſchen Kanals, und es erforderte daher die Unzulänglichkeit ſeiner Waſſermaſſe im Sommer einige koſtſpielige und ſchwierige Bauten.

An dem öſtlichen Ende des Sees wurde ein Wehr erbaut, um den Waſſerſpiegel deſſelben um 2 bis 3 Fuß über den gewöhnlichen Waſſerſtand zu erhöhen. Im Jahre 1824 aber waren bei der anhaltenden Trockenheit alle Quellen des Gebirges verſiegt, und der Hauptzufluß des Oichſees, der Fluß, welcher die Gewäſſer der Seen Garry und Quoich abführt, war zu einem kleinen Bach herabgeſunken. Der Waſſerſpiegel des Oichſees ſtand um 3½ Fuß niedriger als es der Waſſerſtand in der Theilungshaltung verlangte, welche folglich auch nur eine Waſſertiefe von 16½ Fuß behielt. Man nahm daher ſeine Zuflucht zu den Gewäſſern des Sees Garry. Zu dieſem Behuf wurde das Bett des Fluſſes Garry niedriger gelegt und regulirt; an dem Punkte, wo der Fluß von dem See abgeht, wurde eine Stauſchleuſe angelegt, damit das Waſſer in dem See Garry nicht eher unter ſeinen gewöhnlichen Stand herabſinke als bis der niedrige Waſſerſtand des Sees Oich dieſe Maßregel nothwendig mache. Man konnte demnach den Waſſerſpiegel des Sees Garry um einige Fuß erniedrigen und erhielt dadurch ein beträchtliches Hilfsquantum von Waſſer; doch wurde dies nicht für hinreichend erachtet und deshalb eine ähnliche Arbeit bei dem See Quoich unternommen, welche aber mehr Schwierigkeiten mit ſich führte, weil der den See Garry mit dem See Quoich verbindende Fluß zwiſchen nackten Felſen eingezwängt war. Es mußte daher ein Kanal von 400 Fuß Länge, 17 Fuß Breite und 3 bis 4 Fuß Tiefe im Felſen geöffnet werden, wodurch man in den Stand geſetzt wurde den 6 Meilen langen See Quoich um 3 bis 4 Fuß niedriger zu legen. Es wurde ebenfalls eine Stauſchleuſe zur Regulirung dieſer Bewegung angelegt, ſo daß jetzt die Seen Garry und Quoich zwei wichtige Waſſerbehälter für den Oichſee bilden. Aber auch noch andere Bauten wurden unternommen, um den Waſſerſtand des letztern zu ſichern.

Da der Oichſee an ſeinen Enden und in der Mitte die für die Schifffahrt erforderliche Waſſertiefe von 20 Fuß nicht beſaß, ſo war die Baggermaſchine dort lange Zeit in Thätigkeit, und dieſer Umſtand führt uns auf die Mittheilung einer merkwürdigen Thatſache. Die Peilungen hatten ergeben, daß der Boden des Oichſees, wie im Längenprofil angegeben, ſich gegen die Mitte des Sees hin ſehr ſtark erhob, und man bemerkte, daß dieſe Erhebung gerade bei dem Einfluß des Fluſſes Garry in den Oichſee ſtattfand. Es war daher anzunehmen, daß dieſe Erhebung durch Geſchiebe veranlaßt ſei, welche jener Fluß mit ſich geführt und hier abgelagert hatte; auch bewies die Baggerung, daß das Terrain aus Kies und Sand beſtand; an den Ufern des Sees wurden beim Baggern ganze Bäume herausgezogen, und unter andern ein Eichenſtamm von 24 Fuß Länge und 4 Fuß Durchmeſſer. Es geht daraus der poſitive Beweis hervor, daß das Niveau des Sees Oich ſich durch die Alluvionen erhebt, die ſein Bett ausfüllen; eine Thatſache, welche bei dem See Doughfour ebenfalls ſtattfindet.

Wir haben bereits davon geſprochen, daß der Waſſerſpiegel des Sees Oich durch ein an ſeinem öſtlichen Ende errichtetes Wehr auf einer beſtändigen Höhe gehalten wird. Nahe bei dieſem Wehr beginnt die öſtliche Haltung des mittleren Diſtriktes; der Kanal wurde auf eine Länge von beiläufig 800m durch die niedrigen Ländereien, die an den Fluß Oich ſtoßen, theils durch das Bett dieſes Fluſſes ſelbſt geführt. Dieſer Theil des Kanals wurde größtentheils mit den Erdräumer aufgehoben. Das Profil Nr. 6, Blatt **666** zeigt das Beſteck dieſes Kanaltheiles an der Stelle,

Digitized by Google

wo er über eine ehemalige von dem Fluſſe gebildete Kisinſel geführt wurde. Ein alter von dem Kanal durchſchnittener Flußarm hat ſeine ehemalige Waſſertiefe nicht mehr und verwandelt ſich in Torf; und eben dieſer Theil des Fluſſes wurde durch das neue Bett erſetzt, das man in dem vorgedachten Profil wahrnimmt, und auch auf Blatt **663** angedeutet iſt.

Da dieſe Kanalſtrecke der Strömung des Fluſſes ausgeſetzt iſt, ſo wurde ſie wie bei den vorhergehenden Haltungen an ihrem Fuße durch eine Steinböſchung und weiter oben durch eine Raſenbekleidung geſichert.

Die Regulirungsſchleuſe dieſer Haltung iſt auf dem Felſen erbaut, der ſchon durch den Fluß Oich zu Tage gekommen war.

Von hier an bis zur Schleuſe von Kytra zieht ſich der Kanal neben dem Fluſſe Oich in ſumpfigem Boden hin, wo er zum Theil aufgetragen, zum Theil eingeſchnitten iſt. Bei der Schleuſe von Kytra ereignete ſich ein merkwürdiger Umſtand; da nämlich ihre Fundamentirung einige Schwierigkeiten vermuthen ließ, ſo wurde der Boden genau unterſucht, und man entdeckte eine unter dem Kanal hinſtreichende und zum Fluſſe hinabfallende Granitmaſſe, welche blosgelegt wurde und dann genau dieſelbe Länge zeigte, die zur Gründung der Schleuſe nothwendig war. Das Gefälle dieſer Schleuſe gleicht beiläufig den Auftrag und Abtrag der folgenden Kanalſtrecke bis zu dem Punkte aus, wo der Kanal in das alte Bett des Oichfluſſes am Fuße eines ſehr ſteilen Berges, den dieſer ehemals beſpülte, zurücktritt. (Profil 7 Blatt **666**).

Indem der Kanal das alte Flußbett verläßt, geht er durch einen von Kieſeln gebildeten Boden, welche größer ſind als in den ſchon beſchriebenen Kanalſtrecken und wo er mit dem größten Theil der Höhe aufgetragen iſt; bei dem Dorfe des Forts Auguſt iſt ſelbſt der ganze Kanal im Auftrag, wozu das Material, grober Kies und Kieſel ohne Verbindungsmittel, aus der Nachbarſchaft genommen wurde. Es zeigten ſich hier auf 500 m Länge ſehr bedeutende Durchſickerungen, wie wir im weiteren Verlaufe ſehen werden. Das Beſteck dieſer Kanalſtrecke iſt aus Profil 8 Blatt **666** zu ſehen.

Die Kanalhaltung endigt ſich mit den 5 Schleuſen des Forts Auguſt, welche ebenfalls in Kies und Kieſelſchichten erbaut ſind, weßhalb ſie viel größere Schwierigkeiten in der Ausführung darboten als irgend eine andere Schleuſe des kaledoniſchen Kanals. Bei dem Umſtande, daß das Dorf des Forts Auguſt ganz dicht am Fluſſe lag, war man genöthigt ihn abzuleiten, um den Kanal in ſeinem alten Bette zu führen, und das neue Bett des Oichfluſſes wurde auf mehrere hundert Meter in den Felſen eingeſchnitten. Die Ausmündung des Hafens in den See iſt durch Dämme von Steinböſchungen und Raſenbekleidungen geſchützt.

III. Der öſtliche Diſtrikt (Blatt **663** Fig. 3). — Durch die Seen Neß und Doughfour iſt dieſer Diſtrikt von dem mittlern Diſtrikt getrennt.

Der See Neß (Blatt **664**) bildet den anſehnlichſten und ausgedehnteſten Theil des großen ſchottiſchen Thales; ſeine Tiefe beträgt 73 m mehr als die des deutſchen Oceans zwiſchen Schottland und Jütland. Die Länge des Sees iſt 37290 m, und ſeine Breite wechſelt zwiſchen 1200 und 2000 m ab; an beiden Seiten iſt er von hohen Bergen begrenzt, die in ſteilen Abhängen zu ihm abfallen und dieſe ſteile Richtung bis zu ſeinem Boden beibehalten, der auf ſeiner ganzen Länge beinahe ganz horizontal iſt; nur an den beiden Enden des Sees und nächſt den Einmündungen der Flüſſe Urquhart und Glenmoriſon ſind die Seeufer flacher. Die angrenzenden Gebirge ſind nicht ſo hoch als die am Lochieſee gelegenen; auch ſind ſie kahler, ohne Zweifel, weil ſie nicht auch von einer ſo großen Zahl von Bächen bewäſſert werden wie jene. Die Flüſſe, welche ſich in den Neßſee münden, ſind geringer an Zahl, ſie führen aber mehr Waſſer und ſind tiefer in das Gebirge eingeſchnitten. An ſeinem öſtlichen Ende zeigt der See bedeutende Abflachungen, und an einigen Stellen ſind ſeine Ufer niedrig und beſtehen aus Rollkieſel und Kies. Weiter hinauf gibt es ſchöne Fichtenwälder. Die in dem See vorgenommenen Unterſuchungen haben gezeigt, daß der Grund deſſelben mit einer aufgeſchwemmten Lage von Schlamm und Kies bedeckt iſt, die eine Mächtigkeit von 3 bis 5 Braſſen hat, was dem Schiffer einen guten Ankergrund an den Stellen des Seeufers verbürgt, deren Abhang nicht zu ſteil iſt. Der See Neß ſteht mit dem See Doughfour durch die Enge Bonaferry in Verbindung, welche ehemals eine Art von Wehr bildete, über das die Gewäſſer des Neßſees mit bedeutender Geſchwindigkeit hinabſtrömten

Digitized by Google

und bei Hochgewäſſern eine große Quantität Kies und Kieſel mit ſich führten, welche die ſeichten Stellen des Sees Doughfour bedeckten und ſein Niveau erhöhten, wie aus den Bäumen zu ſchließen iſt, welche man bei der Vertiefung des Sees durch die Ausbaggerung gefunden hat. Dieſe Vertiefung wurde für nothwendig erachtet, um die Geſchwindigkeit der Strömung in der Enge Bonaferry zu vermindern, und beſonders, um den Schiffen von größerm Tiefgange eine ungehinderte Paſſage zu geben. In ſo gebeſſertem Zuſtande glaubte man, daß der See einen vortrefflichen Hafen für die Schiffe abgebe, die ſich in dem Neßſee nicht aufhalten könnten. Man zog es auch aus dieſem Grunde vor, eine Fahrſtraße von 20 Fuß Waſſertiefe auszubaggern, als einen Kanal in den an den See anſtoßenden niedrig gelegenen Ländereien zu graben. Die öſtliche Haltung beginnt daher an dem Neßſee. Als man den Entſchluß zur Ausführung dieſer Maßregel faßte, war man weit davon entfernt, die Schwierigkeiten vorauszuſehen, welche mit der Baggerung des Sees Doughfour in Verbindung ſtehen, denn man würde ſonſt das mehr Sicherheit gewährende Werk eines längs dem See hinlaufenden Kanals vorgezogen haben.

Der Eingang in die öſtliche Kanalhaltung, auch Clachnaharry genannt, iſt wie bei den übrigen Haltungen durch zwei Erddämme gebildet, die über 100 Fuß in den See Doughfour hineingehen und an ihrem Fuße durch Steinwürfe geſichert, weiter oben aber mit Raſen bekleidet ſind. In einiger Entfernung davon nimmt der Kanal den Bergſtrom Doughfour auf, welcher im Winter ſehr bedeutend iſt und oftmals große Quantitäten Steine und Kies in den Kanal geführt hat. Die gegen dieſen Uebelſtand ergriffenen Maßregeln beſtanden in der Erweiterung und reſp. Ausgrabung des Strombettes, in der Sicherung desſelben durch Steinböſchungen und in der Anlage von Wehren, um die von dem Gebirge herabrollenden Geſchiebe aufzufangen; Maßregeln, welche vollkommen gelungen ſind.

In der weiteren Fortſetzung des Kanalzuges trifft man auf eine Stelle, wo ſich das alte Flußbett um eine Inſel windet, die ganz von Geſchieben gebildet iſt, welche durch den See und den Bergſtrom von Doughfour herbeigeführt ſind. Der Kanal durchſchneidet dieſe Kiesinſel; der Lauf des Fluſſes wurde regulirt, und auf dem entgegengeſetzten Ufer wurde eine ſehr bedeutende Erdmaſſe abgegraben, welche zur Bildung der Dämme verwendet wurde, die zum Schutz des Kanals gegen die Hochgewäſſer des Fluſſes und des Sees angelegt ſind (Profil Fig. 9 Blatt 666).

Die Regulirungsſchleuſe der öſtlichen Kanalhaltung liegt in einer Entfernung von 800m0 vom See Doughfour entfernt auf den Ländereien von Doughgarroch. Ihre Gründung war mit Schwierigkeiten verbunden, denn die Fundamente haben eine Tiefe von 30 Fuß unter dem Niveau des Neßfluſſes. Von dieſer Schleuſe läuft der Kanal nach Toremore, wo ein angeſchwemmter Hügel in den Weg trat, deſſen Fuß in den Neßfluß hinabfiel; der Kanal wurde daher auf der Flanke des Hügels eingeſchnitten; da aber der Auftrag einen Theil des Flußbettes einnahm, ſo mußte der Fluß nach der andern Seite hin erweitert werden (Profil Fig. 10 Blatt 666). Ein Theil der bei Toremore gewonnenen Erde wurde für den Auftrag des Kanals längs der Moräſte von Donanchroy und Bleachfield verwendet, wozu auch die Erde genommen wurde, die aus dem bedeutenden Einſchnitt bei Torvaine gekommen iſt.

Dieſe Gegend bei Torvaine hat viel Aehnlichkeit mit der von Toremore; doch bietet ſie in techniſcher Beziehung viel mehr Intereſſe wie wir ſpäter ſehen werden.

Es ſei jetzt nur erwähnt, daß dieſer an ſeinem Fuße aus Rollkieſel und grobem Kies und in ſeinem obern Theile aus Sand und feinem Kies beſtehende Hügel ſich bis in den Fluß Neß hinabſenkte; der Kanal wurde zum Theil auf ſeinen Abhang gelegt, wie aus dem Profil Fig. 11 zu erſehen iſt. — Sein Waſſerſpiegel liegt hier 23 Fuß über dem des Fluſſes, und der Auftrag nimmt einen ſehr großen Theil des alten Flußbettes ein, deſſen entgegengeſetztes Ufer angegriffen werden mußte. Ein Theil der Erde dieſes Einſchnittes wurde auch nach Muirtown, d. h. auf 1000 bis 3000m Entfernung transportirt.

Bei dem Hügel von Torvaine betritt der Kanal die Ländereien von Bught, die aus einem höchſt poröſen Kies beſtehen; dann führt ſein Zug an dem Fuße des merkwürdigen Hügels von Tomnahurich hin, wo der ganze Kanal eingeſchnitten und die Erde davon zu den Aufträgen von Kymmilies und Muirtown verwendet iſt. Bei Muirtown liegt eine Kette von 4 Schleuſen mit 30 F.

Digitized by Google

Gefälle, welche auf kieſigem aber feſtem Boden gegründet wurden. Das Profil Nr. 12 iſt das Kanalbeſteck oberhalb dieſer Schleuſen; der Waſſerſpiegel des Kanals iſt 30 Fuß über dem darüber liegenden fruchtbaren Ackerlande. Wie bereits erwähnt iſt der Auftrag an dieſer Stelle aus dem Abtrag von Torvaine und Tomnahurich gebildet; ein Material, das aus einem Gemiſch von ſtarken Rollkieſeln und Sand beſteht und nach der bei dem Kanal gewöhnlich angewendeten Form, d. h. mit zweifüßiger Böſchung aufgeführt wurde; bei 16 Fuß über dem Boden hatte man das gewöhnliche Banquet angebracht. Da ſich dieſe Kanalſtrecke in der Richtung der herrſchenden Winde befindet, ſo iſt die Oberfläche des Waſſers in häufiger Bewegung, was zur Folge hat, daß der zwiſchen den Kieſeln befindliche Sand ausgeſpült, das Banquet nach und nach zerſtört wurde und die Uferböſchung die im Profil angegebene Form erhielt. Dieſe Stelle des kaledoniſchen Kanals iſt die einzige, wo man dieſen Uebelſtand bemerkt.

Die vier Schleuſen führen in das Baſſin von Muirtown, das für die Bedürfniſſe der Stadt Inverneß angelegt wurde und 800^{m} lang und bis 150^{m} breit iſt (Profil Fig. 13); es liegt auf einer Stelle des Strandes, der ehemals von der Flut überſchwemmt wurde, durch einen ſtarken Deich aber in Schutz geſtellt iſt. Am Ende des Baſſins iſt die Schleuſe von Clachnaharry, die mitten im Sande auf einer thonhaltigen Schicht liegt und ein Gefälle von 8 Fuß hat. Thalabwärts liegt die Sohle des Kanals unter dem Niveau des Ebbeſtandes bei der Springzeit und ſein Waſſerſpiegel circa 2 Fuß über der Fluthöhe zur Springzeit.

Bei dieſer Schleuſe begann das mit Recht berühmte Werk zum Ausgang in die Bai von Beauley. Da dieſe Bai ſehr ſeichte Ufer hat, ſo war es nothwendig die letzte Schleuſe des Kanals weit in dieſelbe vorzuſchieben, um die erforderliche Waſſertiefe zu erreichen. Zwei von Erde und Steinblöcken gebildete Dämme wurden bei der Schleuſe Clachnaharry begonnen und bis in die Bai hinausgeführt; man beabſichtigte die Fangdämme für den Bau der Schleuſe mit dieſen Dämmen zu umfaſſen. Dieſe Arbeit dauerte mehrere Jahre, und man wollte bereits mit dem Bau des Fangdammes beginnen, als ſich bei den beiden Dämmen ein bedeutendes Sinken zeigte, weil der Schlamm, auf den man ſie geſetzt, der darauf gelegten Laſt nachgab. Man zog daraus die Folgerung, daß wenn die Schleuſe ausgeführt wäre, ſie ſich ebenfalls ſetzen würde, und es wurde daher das frühere Projekt gänzlich modificirt. Man fuhr mit dem Herbeiſchaffen der Erde fort; um aber eine noch vollſtändigere Verdichtung des Grundes zu bewirken, füllte man auch den Zwiſchenraum der beiden Dämme nach ſeiner ganzen Länge drei Jahre hindurch aus, und es gelang durch dieſe Maßregel einen künſtlichen Grund von 60 Fuß Stärke unter dem Waſſer zu erzeugen, auf den die Schleuſe auf die gewöhnliche Art und ohne beträchtliche Waſſerſchöpfungen erbaut wurde, zu welch letzterm Behuf eine Dampfmaſchine von 6 Pferdekräften genügte. Als die Schleuſe vollendet war, wurde die Paſſage bis zur Schleuſe von Clachnaharry mit der Baggermaſchine eröffnet. Die vorerwähnten Dämme haben eine Höhe von 5 Fuß über der Fluthöhe zur Springzeit, und 8 Fuß über der tauben Flut. —

Verſorgung des Kanals mit Waſſer, Verſickerungen und Mittel dagegen. — Wenn man das Längenprofil des Kanals (*Blatt* **664**) betrachtet, ſo wird man wahrnehmen, daß der Boden in dem weſtlichen und in dem mittlern Bezirk, wo die Ausgrabung des Kanals und die Fundamente der Schleuſen oft den Felſen erreichten, aus feinem und thonhaltigem Sande, in dem öſtlichen Bezirk aber aus grobem Kies und oft aus Maſſen von Geſchieben beſteht, in welchem der Felſen nicht zum Vorſchein tritt. — Dieſe bemerkenswerthe Verſchiedenheit in der Eigenſchaft des Bodens führt auch in der Verſorgung des Kanals mit Waſſer einen weſentlichen Unterſchied herbei. Wie man weiter unten ſehen wird, zeigten ſich in den 24400^{m} langen erſten zwei Diſtrikten, wo der Sand vorherrſchend iſt, Durchſickerungen nur auf 570^{m} Länge, während in dem 11100^{m} langen dritten aus gröberm Materiale beſtehenden Bezirke ſolche bei einer Länge von 4200^{m} ſtattfanden.

Bevor wir zur Erforſchung der Urſache dieſer Erſcheinungen übergehen, möge es erlaubt ſein, einige allgemeine Begriffe über die Beſchaffenheit der Alluvialgebilde des großen ſchottiſchen Thales feſtzuſtellen.

Wie eingangs erwähnt ſpricht Alles dafür, daß das große ſchottiſche Thal ehemals mit Waſſer gefüllt

Digitized by Google

war, mit beiden angrenzenden Meeren in Verbindung ſtand, und daß die Dämme ſeiner verſchiedenen Seen augenſcheinlich durch das Herabſtürzen von den Gebirgspartien, die die beiden Thalwände bilden, entſtanden ſind. Man kann ſelbſt annehmen, daß die Zahl dieſer Seen größer war, und die Zuſammendrängungen der Bai von Murray bei dem Fort George und der Bai Linnhe durch die Inſel von Lismore ſcheinen anzudeuten, daß dieſe Baien ehemals zwei Seen bildeten, deren Dämme aber brachen und deren Gewäſſer ſich mit denen des Oceans wieder vereinigten; eine Thatſache, die nicht unwahrſcheinlich iſt und ſich auch für die Bai von Forth nachweiſen läßt. Eben ſo und noch weit ſtärker iſt man berechtigt anzunehmen, daß der Waſſerſtand der gegenwärtigen Seen ſich bedeutend verändert und verſchiedene Senkungen und Anſchwellungen erfahren hat. Boué ſpricht ſich darüber in ſeinem Essai géologique sur l' Ecosse folgendermaßen aus:

„Die Seen füllen ſich ohne Unterlaß aus; es bilden ſich ſowohl an ihren Ufern wie auf dem Boden Anhäufungen von Trümmern. In Schottland gibt es Seen, an denen man deutlich wahrnimmt, daß ſie durch Ablagerungen trocken gelegt oder in mehrere Theile getheilt ſind, wie es bei denen geſchehen iſt, die jetzt in dem großen Thale des kaledoniſchen Kanals die Seen Lochie und Dich bilden.

Der Waſſerſpiegel dieſer Seen mußte ſich alſo in Folge der an ihren Ufern und auf ihrem Grunde abgeſetzten Alluvionen nach und nach heben, und als endlich dieſes Steigen den Widerſtand der umgebenden Gebilde beſiegte, bahnten ſich die Seen einen Durchgang und ihr Waſſerſpiegel erfuhr eine bedeutende Senkung. Aehnliche Thatſachen ereignen ſich auch noch jetzt, denn wie bereits früher angeführt wurde, bildet ſich der Ausmündung des Fluſſes Garry gegenüber eine große Aufſchwemmung, welche augenſcheinlich dahin zielt, den See in zwei neue Theile zu ſpalten. Auch erinnert man ſich an die Thatſachen, welche den Beweis liefern, daß der Waſſerſpiegel dieſes und des Neßſees ſich fortwährend heben; andere Seen Schottlands zeigen dieſelben Erſcheinungen mit derſelben Evidenz."

Es beweiſen alſo die eben angeführten Daten, daß das große ſchottiſche Thal mächtige Erſchütterungen erlitten hat, welche auf die Beſchaffenheit der Gebilde, aus denen es beſteht, einen großen Einfluß nehmen mußten. Die erſte Erſchütterung iſt die des Einſturzes mehrerer Gebirgspartien, wodurch große Höhlungen, ungeheure Abgründe entſtanden, welche bald durch die ſich darin anſammelnden Gewäſſer in verſchiedenen Niveauſtänden angefüllt wurden. Der auf das Waſſer fortwährend ausgeübte und wachſende Druck veranlaßte es endlich, daß daſſelbe einen Abfluß nach einem der beiden Meere erhielt, und wie alle bekannten Thatſachen beweiſen, daß die bei den frühern Umwälzungen in der Natur wirkenden Kräfte mächtiger waren als die gegenwärtigen, ſo konnte die Senkung des Waſſerſtandes und der Durchbruch der Seen von einem zum andern ohne große Einriſſe geſchehen, deren Wirkungen in Folge der Verhältniſſe ſehr verſchieden ſein mußten.

Ohne indeß hier, ſo zu ſagen, das Hiſtoriſche der Erſchütterungen und ihre Wirkungen darſtellen zu wollen, iſt es indeſſen klar, daß ſie auf den weſtlichen Theil des ſchottiſchen Thales ganz anders wirkten als auf den öſtlichen, weil man einerſeits nur auf einer Fläche von einigen Metern feinen und manchmal thonhaltigen Sand auf Felſen fand, den er ſelbſt oft ausgehöhlt haben muß, während man auf der andern Seite auf Anhäufungen von Kies und Kieſeln traf, deren Grenze nicht erforſcht wurde.

Man kann mit aller Gewißheit behaupten, daß der See Lochie, indem er ſeinen Abzug durch den Fluß Lochie und durch die eingeſtürzten Felſen, die ihn vom Meere trennen, nahm, die Stein- und Kieſelalluvionen hergeführt oder wenigſtens in den von ihm eingeſchnittenen Thale abgeſetzt hat, die ein ſo großes Ereigniß zu erzeugen nicht fehlen konnte. Er hat auf ſeinem Wege Alles mitgenommen, und die in dieſem Thale nackt gelegten Felſen haben ſich ſpäter mit andern Gebilden bedeckt, die ihre Entſtehung einer andern Urſache verdanken. Der Abfluß des Sees Dich war von denſelben Umſtänden begleitet, nur mit dem Unterſchiede, daß die Verengung am Neßſee bei dem Fort Auguſt eine gewiſſe Maſſe von Kies und Rollkieſel zurückgehalten zu haben ſcheint, welche durch die Spaltungen des Thales entſtanden und von derſelben Beſchaffenheit ſind als die es umgebenden Felſen.

In dieſer Kieſel- und Kiesmaſſe wurden die Schleuſen des Forts Auguſt erbaut und die öſtliche Strecke des mittlern Diſtrikts wurde darin eingeſchnitten.

Es iſt endlich zu bemerken, daß, was auch die Urſachen davon ſein mögen, der Abfluß des Sees durch

Digitized by Google

das jetzt von dem Fluß gleichen Namens bewäſſerte Thal im Gegentheil Spuren von damals gemachten Zerſtörungen hinterlaſſen hat; man betrachte die Kies- und Geſchiebmaſſen von Doughgarroch, Toremore, Torvaine, Inverneß, und es wird ſich finden, daß dieſe Geſchiebe Fragmente von Granit, Gneis, Glimmerſchiefer, porphyrartigem Geſtein, mit einem Worte von den Urgebirgsarten ſind, aus denen die Gebirge des großen ſchottiſchen Thales beſtehen. Dieſe Anhäufungen befinden ſich über den Thonſchichten von Clachnaharry, welche es beweiſen, daß daſelbſt ein ruhiges Waſſer (ohne Zweifel das eines andern Sees) dieſe Niederſchläge einer andern Art abgeſetzt hatte, welche durch den parziellen Durchbruch des Neßſees bedeckt ſind.

Dieſe eben bezeichneten Alluvionen ſetzt Boué in die Zahl des „alten aufgeſchwemmten Landes, welches durch jetzt noch wirkende Urſachen entſtanden iſt", und er gibt eine große Anzahl von ſolchen Beiſpielen in den Gebirgen des nördlichen Schottlands an.

Was nun die Gebirgsarten des weſtlichen Diſtrikts betrifft, ſo läßt ihre Beſchaffenheit keinen Zweifel darüber zu, daß ſie nicht das Erzeugniß jüngerer Veranlaſſungen ſeien, und zieht man hier Boué wiederum zu Rathe, ſo ſehen wir, daß er in der That den verſchiedenen Alluvionen in Schottland mehrere Perioden gibt.

In die Zahl dieſer Urſachen kann man hauptſächlich zwei ſetzen: 1. Die Erhebung des Bodens einzelner Seen, welche ehemals durch Wildbäche gebildet wurden, die jetzt zu den Seen oder zu den Flüſſen Lochie und Dich abfließen. Dieſe Seen, wovon jetzt noch einige in dem mittleren Diſtrikt beſtehen und ſich dort unmerklich in Moräſte und Torfmoore verwandeln, füllten ſich mit den Trümmern der benachbarten Gebirge, die heute noch aus Sand und kleinen Felsſtücken beſtehen, welche ſpäter durch die Berührung der Luft oder der Waſſerpflanzen zerſetzt worden ſind. Die Bäche oder die Wildſtröme, welche dieſe Trümmer mit ſich führten, machten ſich endlich an den tiefſten Punkten Bahn gegen die Hauptflüſſe, und legten jene kleinen das Urgeſtein bedeckenden Hügel bloß, die aus Kies beſtehen, der mit einem großen Theile Sand und thonichten Beſtandtheilen gemiſcht iſt. 2. Die langſame Verwitterung des Urgeſteins an ſeiner Oberfläche durch den Einfluß des Waſſers und der atmoſphäriſchen Wirkungen bedecken daſſelbe mit einem ganz anderen Boden, und es geben der Granit, der Porphyr, das trappartige Geſtein und die mit Thon gemiſchten ſandigen Gebirgsmaſſen Veranlaſſung zu Alluvionen.

Dieſer neue Boden kann alſo nach den Elementen, aus denen das Urgeſtein des ſchottiſchen Thales gebildet iſt, nur aus quarzigen thonhaltigen Theilen beſtehen. Ein Theil des weſtlichen Diſtriktes trägt die deutlichſten Spuren derſelben Formazion an ſich.

Es begegnen ſich alſo in dem ſchottiſchen Thale zwei aufgeſchwemmte Gebilde, welche durch verſchiedene Urſachen entſtanden ſind; das eine iſt das Erzeugniß einer gewaltſamen Zerſtörung ungeſtümer Strömungen, welche von höhern Punkten ausginge n als die jetzt beſtehenden, mit beträchtlicher Geſchwindigkeit floſſen und Maſſen mit ſich hinabriſſen, welche die jetzigen Waſſerläufe zu erſchüttern nicht im Stande ſind. Dieſes erſte Alluvionsgebilde beſteht in Geſchieben und Felsſtücken derſelben Art als der Boden iſt, von dem ſie ſich ablöſten. Ueber dieſer erſten Anſchwemmung, oder an den Stellen, wo keine Spuren davon übrig blieben, hat ſich das Terrain durch minder lebendige Kräfte vermindert, deren anhaltende Wirkung jedoch nicht minder mächtig war. Die Partikeln deſſelben ſind feiner und fetter, kommen aber von denſelben Gebirgsarten wie die von den erſten Ablagerungen.

Dieſe verſchiedenen Alluvionsalter ſtimmen mit den Lehren der Geologie überein, welche die Gelehrten aus andern Gegenden abgeleitet haben und wobei die allgemeine Regel ſtattfindet, daß die Partikeln um ſo feiner ſind als die Alluvion aus neuerer Zeit herſtammt.

Wir ſind in dieſe geologiſchen Darſtellungen oder Hypotheſen wenn man will aus dem Grunde eingegangen, um eine der anziehendſten Seiten unſers Gegenſtandes ſo vollſtändig als möglich zu zeigen, und gehen nun zu der Waſſerwirthſchaft und zu den Filtrazionen unſeres Kanales über, wie ſich die letztereu in den ſo verſchiedenen Gebirgsarten ſeines Laufes gezeigt haben. —

Der auf Koſten der Regierung gebaute kaledoniſche Kanal hatte einen mehr politiſchen als kommerziellen Zweck. Seine Ausführung begann im Jahre 1804 und es bewilligte das Parlament dazu jährlich eine Summe von 10 bis 70,000 Pfund; es wurden aber bloß in den Jahren 1810 und 1811 70,000 Pfund angewieſen und in den übrigen Jahren betrug dieſe Summe 50,000 Pfund.

Bei ſo beſchränkten Mitteln vermochten die die Ausführung leitenden Ingenieure die Arbeiten nicht mit jener Thätigkeit zu unternehmen, welche nothwendig geweſen

Digitized by Google

wäre, und womit natürlich eine große Oekonomie hätte verbunden werden können. Unter ſolchen Umſtänden nahm man zuvörderſt die beiden Enden des weſtlichen und des öſtlichen Diſtrikts in Angriff, d. h. die Arbeiten an den dortigen Baſſins und Schleuſen; dann begann man nach Maßgabe, als ſich eine größere Arbeiterzahl beiſchaffen ließ, die Erdarbeiten dieſer beiden Diſtrikte, und erſt im Jahre 1812 konnte man eine geringe Anzahl von Arbeitern im mittleren Diſtrikte beſchäftigen.

Die auszuführenden Arbeiten ſchieden ſich in drei ſehr verſchiedene Theile, und zwar: 1. in Kunſtbauten, welche einmal in Gang gebracht im Allgemeinen gut und ſchnell vorrückten; 2. in Erdarbeiten (Abtrag und Auftrag) außer dem Waſſer, deren Fortgang nach Verlauf einiger Jahre zufriedenſtellend war, und 3. in Ausbaggerungen an den Seen oder im Kanale auf allen unter dem Waſſerſtande der Seen oder der in ſie einmündenden Flüſſe liegenden Stellen.

Dieſer dritte Theil der Arbeiten wurde zuletzt begonnen und ſchritt nur langſam vor; es wurden dabei nie mehr als zwei Maſchinen, wohl von guter Konſtrukzion, jedoch von mittelmäßiger Kraft angewendet.

Als die Kunſt- und die Erdarbeiten außer Waſſer beinahe beendigt waren, gewann man die Ueberzeugung, daß, anſtatt jeder der Strecken, denen durch Ausbaggerung eine ganze Tiefe von 20 Fuß zu geben nöthig war, es zweckmäßiger ſei, zuvor überall an dieſen Stellen einen Kanal für die kleine Küſtenſchifffahrt, alſo mit einer Tiefe von 11 bis 12 Fuß zu ziehen und denſelben allmählig bis zu 20 Fuß zu vertiefen.

Der Kanal von Bonaferry zwiſchen den Seen Neß und Doughfour, der von Invergarry in den Dichſee, und die niedern Theile des Durchſtiches zwiſchen den Seen Lochie und Dich, endlich die Ufer dieſer beiden Seen wurden von 11 auf 13 Fuß vertieft. Während dieſer Arbeiten war das Waſſer in dieſe Haltungen geleitet worden, und man nahm an mehreren Stellen ſehr bedeutende Durchſickerungen wahr, weßhalb Maßregeln ergriffen wurden, um ihnen auf eine Tiefe von 12 Fuß Einhalt zu thun, ſo daß der kaledoniſche Kanal am 23. Oktober 1822 vom deutſchen bis zum iriſchen Meere eröffnet und in allen Seehäfen bekannt gemacht werden konnte, daß die 12 Fuß tief gehenden Schiffe den Kanal paſſiren könnten.

Seit dieſer Zeit mußten die Baggerarbeiten ſtets fortgeſetzt werden, und nach Maßgabe als man in jeder Haltung eine größere Tiefe von 1 bis 2 Fuß erhielt, wurden die Arbeiten gegen die Durchſickerung an den Stellen, wo ſie ſich gezeigt hatten, bis zu derſelben Höhe gefördert, ſo daß man eine Tiefe von 17 bis 18 Fuß erreichte, welche jetzt in allen Haltungen des kaledoniſchen Kanals zu finden iſt. Um aber dem Kanale ſeine ganze Tiefe von 20 Fuß zu geben iſt es erforderlich: 1. das Wehr des Sees Doughfour zu erbauen, welches die Beſtimmung hat, den Waſſerſtand dieſes Sees ſo hoch zu ſpannen als das des Neßſees, d. h. 3 Fuß über ſeinem jetzigen Niveau an der Regulirungsſchleuſe von Doughgarroch; 2. Die Baggerungen im See Dich zu vollenden, und 3. durch neu vorzunehmende Arbeiten in dem See Quoich und Garry im Sommer die Waſſerhöhe des Sees Dich zu ſichern.

Durchſickerungen im weſtlichen Bezirk. — Der Leſer wird die mit den Erdarbeiten dieſes Bezirks in Verbindung ſtehenden Thatſachen im Auge behalten haben.

Der Kanal nimmt hier das alte Flußbett bei der Regulirungsſchleuſe ein und ſteigt bis zur Neptunstreppe an den ſehr ſteilen und unregelmäßigen Abhängen mit Durchſtichen oder Aufträgen und mehrere Wildbäche überſetzend hin. Der Boden iſt im Allgemeinen feiner und fetter Sand; der Felſen iſt mehrmals und auf Strecken von mehreren hundert Metern geſprengt, und man ſtößt einige Male auf Torfſchichten. Vor dem Monat Oktober 1822 wurde das Waſſer mehrmals in dieſe Haltung eingelaſſen, das jedoch nicht aus dem Lochieſee kam, weil die Regulirungsſchleuſe daſelbſt noch nicht beendet war, ſondern von dem Wildſtrome Moy und mehreren andern Waſſerläufen (bei Torecaſtle in der Nähe von Banavie an einem Orte, wo die Kanalſohle beiläufig 43 Fuß über dem benachbarten Fluſſe liegt), wodurch der Waſſerſtand bis auf 12 Fuß geſpannt werden konnte, bei welcher Tiefe keine Durchſickerung mehr bemerkbar war. Im Jahre 1818 aber ſah man auf einer Strecke von 70 Yard Länge, daß der Erdboden wegen des daſelbſt befindlichen vorherrſchenden Kieſes Waſſer durchließ; man vertiefte und verbreiterte deshalb den Kanal um 3 Fuß und legte ſtatt des weggenommenen Kieſes eine Schicht ſandigen Thones von gleicher Stärke und bedeckte ſie mit Raſen. Im Jahre 1821 betrug die Waſſertiefe von der Regulirungsſchleuſe bis zur Neptunstreppe 13 Fuß, als die erſten Schiffe dieſe

Digitized by Google

Strecke befuhren. In den Jahren 1823 und 1824 wurden in dieſem Diſtrikt keine Arbeiten ausgeführt, und obgleich die angeführte Waſſertiefe ſtattfand, ſo machte ſich doch keine Durchſickerung bemerkbar. Man hatte kein Intereſſe dafür das Waſſer höher zu ſpannen, denn die übrigen Diſtrikte erreichten dieſe Tiefe noch nicht. Im Jahre 1825 wurden an der Regulirungsſchleuſe einige Baggerungen vorgenommen, und die Waſſertiefe wurde auf 15—17 Fuß gebracht, ohne daß man eine merkliche Durchſickerung wahrnahm; im Jahre 1826 wurden die Baggerungen an den Ufern des Lochieſees und bis zur Regulirungsſchleuſe ausgeführt, wodurch man eine Tiefe von 15—18 Fuß gewann, und bis zu derſelben Höhe wurde das Waſſer eingelaſſen, ohne daß eine bemerkbare Durchſickerung ſtattfand. Im Monat November 1827 hatte dieſer ganze Theil des Diſtriktes mehr als 17 Fuß Tiefe erreicht, welche vorläufig als hinreichend erachtet wurde, da die übrigen Diſtrikte noch keine größere Tiefe hatten. Der Waſſerverluſt, welcher durch die Schleuſung der Schiffe (766 vom 1. Mai 1826 bis dahin 1827), durch Verdünſtung des Waſſers, durch kleine Verſickerungen, denen auch die kleinſten Kanäle unterworfen ſind, entſtand, wurde durch den Wildſtrom Moy, der pro Sekunde eine Waſſermaſſe von einem Viertelkubikmeter abführt, und durch Oeffnen eines 3 Fuß breiten und 3 Zoll gehobenen Schützes an der Regulirungsſchleuſe gedeckt.

Von dem Theile der Haltung zwiſchen der Neptunstreppe und dem Meere iſt hier keine Rede geweſen, weil dieſer Theil des Kanals von Anfang an ſeine ganze Waſſertiefe erhalten konnte, obgleich er an mehreren Stellen etwas im Auftrage war. —

Der mittlere Diſtrikt. — Der Durchſtich von Laggan hat niemals Spuren von Durchſickerungen gehabt, da er ganz im Abtrage liegt. An dieſer Stelle währte es längere Zeit, bis der Kanal ſeine Tiefe erhalten konnte, weil dieſe nur durch Ausbaggerungen zu bewirken war und dem Ingenieur die gehörigen Mittel zu ſeinen Operazionen fehlten. Im Jahre 1824 hatte man erſt eine Tiefe von 15 Fuß erreicht; im Jahre 1826 betrug dieſe 19 Fuß mit Ausnahme einiger Stellen, die immer nur noch 15 Fuß Tiefe hatten. Im Monat November 1827 hatte man bei dem niedrigſten Waſſerſtande der Seen überall eine Tiefe von 17 Fuß, und da in dieſer Zeit das Waſſer des Sees Oich ziemlich hoch ſtand, ſo betrug die Waſſertiefe in dieſer Haltung zwiſchen dem See und der Regulirungsſchleuſe 23 Fuß. —

Haltung des Forts Auguſt. — Dieſe meiſtentheils in feinem Kies oder Sand eingeſchnittene Haltung hat bei dem Fort Auguſt eine Strecke von 500m 0 Länge, wo ſich eine außerordentliche lockere Kiesſchicht befindet, worauf der Kanal liegt und wovon ein Theil des Auftrages ausgeführt iſt. Als im Jahre 1821 das Waſſer in dieſe Haltung eingelaſſen wurde, nahm man an jener Stelle ſo häufige Durchſickerungen wahr, daß man befürchtete, ſie durch das im Sommer eben nicht überflüſſige Waſſer des Sees Oich gar nicht ſtillen zu können. Man belud daher Schiffe mit Sand, Erde und Thon, welche Materialien auf die Sohle und auf die Kanalufer geworfen wurden, um eine feſte dem Waſſer undurchdringliche Decke zu bilden, was man denn auch in genügendem Maße erreichte, ſo daß die Waſſertiefe in dieſer Kanalſtrecke auf 20 Fuß gebracht werden konnte. —

Der Oſtdiſtrikt. — Da es wie bereits erwähnt wurde einer der Hauptgründe für die Anlage des kaledoniſchen Kanals war, die arme und unwiſſende Bevölkerung dieſer Gegend zu beſchäftigen und unter ihnen den Sinn für Arbeitſamkeit zu verbreiten, ſo erhielten die Kommiſſäre des kaledoniſchen Kanals den Auftrag ſich mit den Straßenkommiſſären Hochſchottlands zu benehmen, um alle die Landſtraßen, welche ſich vortheilhaft an den Kanal anſchließen könnten, herzuſtellen. Unter dieſen Straßen wurde eine Verbindung von Bught und Inverneß mit den Ländereien von Doughgarroch und Doughfour und folglich mit dem See Neß und dem Fort Auguſt für eine der wichtigſten gehalten. Einem erſten Entwurfe zufolge ſollte dieſe Straße auf den Ländereien von Toremere und Donanchroy beinahe parallel mit dem Kanal und halb gegen Torvaine hin zwiſchen dem Kanal und dieſem Hügel geführt werden. Die Ausführung dieſes Entwurfes wurde begonnen, und als man den Hügel von Torvaine in Angriff nahm, um den Kanal dort anzulegen, ſteckte man auch die Straße neben dem Leinpfade und am Fuße des Hügels ab, mußte aber bald die Bemerkung machen, daß bei den fortwährenden Erdſtürzen die Unterhaltung der Straße nur mit großen Koſten zu erreichen ſein würde; der Raum, den die Straße einnehmen mußte, verringerte die Böſchung,

Digitized by Google

welche die Rollkieſel, woraus der Hügel von Torvaine beſteht, anzunehmen ſtreben, bedeutend. Es wurde daher die Anlage dieſer Straßenſtrecke eingeſtellt und die Straße wurde wie in der Karte angegeben hinter dem Hügel herumgeführt. In dieſem Terrain alſo, wo man wegen der geringen Widerſtandsfähigkeit des Erdbodens keine Straße anlegen konnte, fürchtete man nicht einen Kanal von 20 Waſſertiefe in einer Höhe von 25 Fuß über einem zur Seite fließenden Fluß zu erbauen.

Der Hügel von Toremore, die Moräſte von Donanchroy, die Ländereien von Kymmilies, beſonders aber die von Bught beſtehen aus einem Boden, der zur Erhaltung des Waſſers wenig geeignet iſt. Wie aus dem Vorhergehenden erſichtlich liegt der Waſſerſpiegel des Kanals in dieſem Diſtrikt wie in allen übrigen, obgleich er neben dem Fluß läuft, über dem natürlichen Terrain; es hat dieſer Diſtrikt aber noch die Eigenthümlichkeit, daß an den Stellen, wo er im ſchlechteſten Erdreich (Ländereien von Bught) angelegt wurde, er eine aus mehreren Häuſern beſtehende Ortſchaft um 25 bis 30 Fuß überragt. In dem Baubericht heißt es darüber: „Die Kombinazionen der Kunſt, die bei der Wahl der ökonomiſchen Trace eines Kanals angewendet werden, führen oft darauf hin, daß der Kanal an mehreren Stellen gänzlich über den natürlichen Boden geführt werden muß; die zu dieſem Auftrage erforderliche Erde wird von den Stellen genommen, wo der Kanal in den Boden eingeſchnitten iſt. Oft wird der Kanal nur theilweiſe in den Boden gegraben, und bildet theils einen Auftrag, der alsdann durch innere Verpuddelung (Profile 1, 2, 4, 5, 6, 8, 10 und 12) waſſerdicht gemacht werden muß; die Sohle des Kanals aber und der ganze Theil der Ufer, welcher in Abtrag liegt, ſind ohne Vorſichtsmaßregeln gegen die Filtrazion geblieben. An den Stellen, wo eine gehörige Waſſermaſſe iſt, um den Kanal in ſeinem gehörigen Niveau zu erhalten, machen die Sinkſtoffe dieſes Waſſers, beſonders, wenn man noch Sand hineinwirft, den Kanal in kurzer Zeit waſſerdicht. Was nur nöthig oder geeignet erſchien, um dieſen Zweck zu erreichen, wurde in dem öſtlichen Bezirk des kaledoniſchen Kanals im Herbſt 1817 ausgeführt; das Waſſer war von dem Fluß Neß bis zur Tiefe von 8 Fuß in den Kanal gelaſſen worden. Von dem Wildbach Doughfour bis zu den Ländereien von Dunain, eine Strecke von zwei Meilen, wurde keine Filtrazion entdeckt, und obwohl an dieſer letzten Stelle das Waſſer auf einer beträchtlichen Strecke über einen poröſen Kies floß, erfolgte doch keine Beſchädigung, da das Waſſer in den Fluß Neß abzog und das zwiſchen dem Fluß und dem Kanal gelegene Terrain ohne Werth war. Dieſe Durchſickerung wurde bedeutend vermindert durch den Sand, den man mit Böten von Toremore herbeiſchaffte und über die Kanalſohle ſchüttete.

Es iſt weſentlich zu bemerken, daß die Kanalſtrecke auf den Länderreien oder vielmehr den Moräſten von Dunain ſchon über den Hügel von Toremore hinaus iſt und daß das Kanalbett hier 14 bis 16 Fuß über dem Niveau des benachbarten Fluſſes liegt. Die Moräſte von Dunain werden von dem Hochwaſſer der Neß überſchwemmt.

„In der Nähe der bughter Brücke aber zeigte ſich eine andere Durchſickerung; das Waſſer drang in die bughter Mühle und machte zwei benachbarte Bauernhäuſer unbewohnbar. Dieſer Umſtand erheiſchte die ſofortige Abſtellung des Uebels, zu welchem Behufe der Kanal abgelaſſen und vermittelſt einer Eiſenbahn eine Thonſchicht von 800m0 Länge auf die Kanalſohle gelegt wurde. Die Kanalwände wurden auf 6 Fuß Höhe ebenfalls mit einer ſolchen Verpuddelung verſehen; dann füllte man den Kanal auf dieſe Höhe mit Waſſer, und die Verpuddelung des übrigen Theils der Ufer konnte nur durch den Transport des Thons in Böten mit geringern Koſten bewerkſtelligt werden als auf einer Eiſenbahn.“

Wir haben dieſe Stelle des Berichtes von 1817 treu überſetzt, weil ſie die Principien Telford's über die Waſſerökonomie in den Kanälen und ſeine gewöhnliche Methode, den Verſickerungen vorzubeugen, enthält. Wie man ſieht, ſind es die Sinkſtoffe des den Kanal ſpeiſenden Waſſers ſelbſt, die man noch durch Einwürfe von Sand vermehrt, welche das ſicherſte Mittel zur Dichtung des Kanalbettes abgeben.

In dieſen Stellen Telfords findet man auch die Motive, welche ihn gezwungen haben an mehreren Orten eine weniger einfache und weniger ökonomiſche Methode in Anwendung zu bringen. Der Kanal dominirt mit ſeiner ganzen Waſſerhöhe bewohnte Ortſchaften und geht über ein Terrain, welches das ungünſtigſte für die Erhaltung des Waſſers iſt; es mußte daher auf der Stelle den Verſickerungen Einhalt gethan werden, wenn man ſich nicht der Bezahlung beträchtlicher Entſchädi-

Digitized by Google

gungen ausſetzen wollte, und man nahm daher zur Verpuddelung ſeine Zuflucht, welche im Jahre 1817 bis zu einer Höhe von 6 Fuß erfolgt war, ſo daß damals mit Fahrzeugen das zum Puddelwerk nöthige Material herbeigeſchafft werden konnte. Nach dem Baubericht vom Jahre 1819 hatte die Verpuddelung eine Höhe von 10 Fuß erreicht, und der Kanal konnte alſo ſo hoch mit Waſſer geſpeiſt werden. Im Jahre 1822 war dieſe Arbeit bis zu 13 Fuß hoch gediehen, und man konnte nun ſo viel Waſſer in den Kanal einlaſſen als er anfänglich gehabt. Aus dem Berichte von 1824 erſieht man, daß die Waſſerhöhe in dem Kanal 16 Fuß betrug, und von dieſem Jahre an bis 1826 wurde in dieſem Theile des Diſtrikts keine neue Arbeit begonnen. Die von dem Parlament bewilligten Summen wurden beſonders für die Baggerungen der Seen und des Durchſtiches von Laggan, wie auch zu den Arbeiten in den Seen Lucich und Garry beſtimmt. Im Jahre 1827 wurde die Verpuddelung in dem Oſtdiſtrikt noch um einen Fuß erhöht, wodurch dieſe Haltung eine Tiefe von 17 Fuß erhielt.

Aus der Stelle des oben erwähnten Berichtes von Telford erſieht man, daß bei der Einlaſſung des Waſſers in dieſe Haltung auf 8 Fuß Waſſerhöhe von der Regulirungsſchleuſe bis Torvaine keine bedeutende Durchſickerung ſich zeigte, und daß Ablagerungen von Sand hinreichend waren, die geringeren zu verſtopfen. In ſolchem Zuſtande verblieb die Haltung, bis der Kanal eine Waſſerhöhe von 11 bis 12 Fuß erreicht hatte; unter dieſem Drucke aber wurden die Einſickerungen in den Moräſten von Donanchroy ſehr bedeutend, ſo daß man es für nöthig erachtete ihnen ein Ziel zu ſetzen. Es iſt zu bemerken, daß in dieſen bei Hochgewäſſern von der Neß überſchwemmten Sümpfen der Kanal durchaus im Auftrage liegt, welcher von grobem Kies von Toremore und Torvaine aufgeſchüttet wurde. Von einem alten Beamten, der vom Anfang an bei den Kanalarbeiten beſchäftigt war, erfuhren wir, daß der Boden an dieſen Stellen ſo locker war, daß Blätter und kleine Zweige, die man in den Kanal warf, als das Waſſer eingelaſſen wurde, nach Verlauf von einigen Augenblicken in dem Fluſſe Neß zum Vorſchein kamen. Man brachte nun den Bagger in dieſen Theil des Kanals, weitete ihn aus und legte Stroh und Heulagen, um damit ein Grundbett von 2 Fuß Stärke zu bilden (die ſich durch den Druck auf einige Zolle reducirte), und darüber verſenkte man eine 3 Fuß ſtarke Schicht von thonigtem Sande ein Mittel, das vollkommen entſprach.

Auf der Länge der Haltung von der Regulirungsſchleuſe bei Doughgarroch an bis Muirtown, welche 7580 Meter beträgt, wurden Verpuddelungen von Muirtown bis Torvaine auf 3400 Meter und in den Sümpfen von Donanchroy auf 800 Meter, im Ganzen alſo auf 4200 Meter oder etwas mehr als die Hälfte der Kanalſtrecke erforderlich.

Unterhalb der Schleuſen von Muirtown finden wir ein 1000 Meter langes Baſſin im Auftrage über einem ehemals vom Meere bedeckten Strand aus Sand und Rollkieſeln beſtehend. Hier hatten ſich ſehr bedeutende Durchſickerungen gezeigt, und man machte die Strecke daher mit dem Bagger tiefer und verſenkte eine zwei bis drei Fuß ſtarke Sandſchicht. In dem Berichte von 1827 leſen wir darüber die merkwürdige Stelle: „Das Baſſin von Muirtown wird jedes Jahr dichter; ſeit dem Monat Juli 1826 hat es beſtändig eine Waſſertiefe von 17 bis 18 Fuß, und dabei ſind die Einſickerungen viel geringer als damals, wo nur eine Waſſertiefe von 10 Fuß war. —

Ueber die Koſten des kaledoniſchen Kanals. — Der kaledoniſche Kanal iſt die einzige Anlage dieſer Art, welche auf engliſche Staatskoſten ausgeführt wurde; er iſt aber auch der einzige, deſſen Bau ſo langſam von ſtatten ging.

Es iſt ſchon viel über den Vorzug der Methode geſprochen worden, öffentliche Bauten dieſer Art von Privaten ausführen und unterhalten zu laſſen; England machte von dieſem Grundſatze nach der von Heinrich IV und Ludwig XIV in Frankreich gemachten Konceſſionen, welche ſo ſchöne und nützliche Reſultate lieferten, die ausgedehnteſte Anwendung, und wenn es ſich in Bezug auf den kaledoniſchen Kanal davon losſagte, ſo geſchah dies aus dem Grunde, daß dieſer Kanal nicht in kommerzieller Abſicht angelegt werden ſollte. Es handelte ſich vielmehr darum, die Liebe zur Arbeit und alle ihre Hilfsquellen in jenen Gegenden zu erwecken, deren Unfruchtbarkeit die Unwiſſenheit der Bewohner entmuthigte; es handelte ſich darum, einer Auswanderung Einhalt zu thun, welche alljährig in Hochſchottland zunahm, und dieſe ganze Bevölkerung zu koncentriren und zu kräftigen, indem man ihr Kommunikazions- und Annäherungsmittel und folglich eine Handelsſtraße eröffnete. Die örtliche Beſchaffenheit eignete ſich ſo gut zu einem Ka-

Digitized by Google

nal, daß die Idee zur Anlage eines ſolchen ſehr nahe lag; daran knüpfte ſich die andere, dem Kanal ſolche Dimenſionen zu geben, daß ſowohl Handels- als Kriegsſchiffen ein Weg geboten wurde, welcher näher und ſicherer war als die lange und gefährliche Umſchiffung der Orkaden, um aus dem iriſchen Meere in das deutſche zu gelangen. Wenn dieſer letzte Zweck auch das Handelsintereſſe berührte, ſo konnte er doch keinen Ausſchlag geben und eine vorſichtige Geſellſchaft zu einer ſolchen Unternehmung auffordern. Die Regierung unterzog ſich daher der Ausführung ſelbſt, und die Erfahrung hat die Weisheit dieſes Entſchluſſes in dieſem beſondern Falle gerechtfertigt. Von dem Augenblick an, in welchem eine große Menſchenmenge durch die Arbeit nach dieſem ſonſt halbwilden Lande gerufen wurde, entwickelte ſich Bevölkerung, Ackerbau, Forſtkultur und ſelbſt Handel und Induſtrie mit großer Geſchwindigkeit, und die Fortſchritte der Civiliſazion kamen in dieſen entlegenen Gegenden zum Durchbruch. Neben dieſe Vortheile aber ſtellte ſich der unvermeidliche Nachtheil eines viel größern Aufwandes für die Kanalarbeiten als man vorausgeſehen hatte und eine große Langſamkeit in der Ausführung. Während Geſellſchaften keinen andern Zweck haben und keinen andern haben können als von ihren Fonds den ſchnellſten und vortheilhafteſten Gebrauch zu machen, muß die Regierung, welche verpflichtet iſt alle Zweige des Staatsdienſtes alljährlich mit den nöthigen Mitteln zu verſehen, nothwendiger Weiſe die Geldverwilligungen für Unternehmungen, die bei ihr nur Nebenſachen ſind, beſchränken, und die ausführenden Ingenieure ſind daher bei jedem Schritt gehemmt; ſie können ſowohl in Betreff der Handarbeit als der Materialien keine Kontrakte über große Leiſtungen abſchließen, um ſich vor ſteigenden Anforderungen ſicher zu ſtellen; alle ihre Sorgfalt muß darauf gerichtet ſein, die für das laufende Jahr bewilligten Summen ſo zweckmäßig als möglich zu verausgaben. Wenn den Direktoren großer öffentlicher Bauten die Präviſionen und Abſchlüſſe für große Leiſtungen unterſagt ſind, ſo können daraus für die Oekonomie nur die größten Nachtheile erwachſen, was auch bei dem kaledoniſchen Kanal eintraf, wo die jährlichen Bewilligungen gewöhnlich nur 30 bis 50000 Pfund betrugen und niemals die Summe von 70000 Pfund überſtiegen.

Es iſt indeſſen zu bemerken, daß dieſe Beſchränkung der Geldmittel nicht ganz ohne Grund war, denn in den an Telford erlaſſenen Inſtrukzionen der Regierung wird ausgeſprochen, daß es hauptſächlich bezweckt werde bei den Kanalarbeiten eine große Anzahl von Arbeitern des Landes zu verwenden. Der Ingenieur mußte dieſen Weiſungen folgen; auch war viel Zeit erforderlich um jene Arbeiter zu bilden, und niemals fand man auf der ganzen Linie mehr als 1400 bis 1500 Arbeiter beſchäftigt. Die durchſchnittliche Zahl betrug 800 bis 900. Hinzuzufügen iſt noch, daß das Land ſo wenige Hilfsquellen bot, daß die Regierung beinahe während der ganzen Bauzeit gezwungen war, die zur Erhaltung der Arbeiter nothwendigen Lebensmittel an Ort und Stelle zu ſchaffen und Arbeiterhütten zu erbauen.

Berückſichtigt man alle dieſe Schwierigkeiten, die ſich auf jedem Schritt entgegenſtellten, ſo muß man das große Talent des dirigirenden Ingenieurs und ſeiner Mitarbeiter anerkennen, das ſie bei dieſer Gelegenheit an den Tag legten, und wenn die Ausgaben für den Bau dieſes Kanals viel höher ſtiegen als es hätte ſein dürfen, ſo iſt das nur einer Verbindung von Umſtänden zuzuſchreiben, die ſich allein in Hochſchottland zeigen konnten. Um noch beſſer darüber urtheilen zu können führen wir aus dem Berichte Telford's vom Jahre 1814 folgende Taglöhne der verſchiedenen Arbeiter an. Ein gewöhnlicher Erdarbeiter erhielt nach öſterr. Konvenzionsmünze berechnet 1 fl. 8 kr. bis 1 fl. 14 kr., geübtere Erdarbeiter 1 fl. 29 kr. bis 1 fl. 42 kr., Zimmerleute ziemlich daſſelbe, der Maurer wöchentlich 10 fl. 24 kr., ein Schmied 1 fl. 42 kr. bis 1 fl. 57 kr. täglich. Man erſieht hieraus, daß alle Taglöhne bedeutend übertrieben waren, und bei der Armuth des Landes ſollte man ſich darüber wundern; es iſt indeſſen zu bedenken, daß dieſe Preiſe in den erſten Jahren für die aus dem Lande genommenen Arbeiter nicht ſo hoch waren, daß man aber gezwungen geweſen, diejenigen Arbeiter, welche man in dieſe von allen Mitteln entblößten Gegenden kommen ließ, ſehr theuer zu bezahlen, und daß man in der Folge die geübten Arbeiter des Landes eben ſo bezahlen mußte.

Vom Jahre 1803 bis zum Jahre 1827 betrugen die Koſten des kaledoniſchen Kanals 973271 Pfund, doch war dieſe Summe nicht bloß für die Ausführung des Kanals, ſondern auch für Unterhalt und Reparaturen, beſonders an Mauerwerk verwendet worden,

Digitized by Google

das, ſchon ſeit langer Zeit ausgeführt, bedeutende Beſchädigungen erlitten hatte; Ausgaben, welche mit Hinzurechnung der Koſten für Anlegung von Straßen zur Verbindung der Seen auf dem Lande 19548 Pfund betrugen, ſo daß die wirklichen Koſten für den Bau ſich auf 953723 belaufen. Es dürfte nicht unintereſſant ſein zu unterſuchen, welche Beträge von dieſer Summe auf den eigentlichen Kanal und welche auf die Arbeiten an den Seen und andern Stellen des Thales entfallen.

Die Baggerarbeiten in dem See Doughfour koſteten . . . . . 15011 Pf.

Die Baggerarbeit an dem See Oich 18071 „

Dazu kommen noch die Baggerungen in dem See Lochie, welche mit den Arbeiten des Weſtdiſtrikts zuſammen gerechnet ſind und betragen . . . . . 4000 „

zuſammen für die Baggerungen 37082 Pf.

In dieſer Summe ſind nur die dem Entrepreneur bezahlten Preiſe begriffen, dem man die Maſchinen lieferte und deren jährliche Abnützung berechnet wurde auf . . . . 1500 „

Nebenarbeiten waren:

1. das neue Flußbett des Lochie auf 800 Meter Länge, wovon ein Theil durch die Felſen mit einem Wehr und einer dreibogigen Brücke ausgeführt iſt . . . . . 18000 „

2. die in dem See Garry, im Fluſſe Garry und am See Quoich ausgeführten Arbeiten, die den Zweck hatten, die Speiſung des Sees Oich zu ſichern, deren Stauſchleuſen an den Seen Garry und Quoich und die Verbreitung des Fluſſes Garry zwiſchen jenen beiden Seen auf 400 Meter Länge und 17 Meter Breite durch Felſen . . 15000 „

3. Einige Wildbäche und beſonders die von

Fürtrag 74244 Pf.

Uebertrag 74244 Pf.

Doughfour und Moy wurden aufgeſtaut, tiefer gegraben und mit Steinen verkleidet . 1500 „

4. Endlich koſtete das Terrain für das neue Bett des Fluſſes Lochie . . . . . 1330 „

Summa 74412 Pf.

für die an den Seen gemachten Bauten und Nebenarbeiten, und es betrug daher die wirkliche Ausgabe für die Haltungen des kaledoniſchen Kanals 879511 Pfund, und da dieſelben eine Länge von 35500 Meter haben, ſo belaufen ſich die Koſten für den laufenden Meter auf 24 Pfund 12¾ Schilling.

Berückſichtigen muß man hierbei die außerordentliche Unregelmäßigkeit des Terrains, durch das der Kanal zu führen war, und die bedeutenden Aufträge, die eine Folge davon waren, beſonders in dem Weſtdiſtrikt bei Eracht, Strone, Shangan, in dem mittleren Diſtrikt beim Fort Auguſt, im Oſtdiſtrikt bei Donanchroy, Torvaine und Muirtown, die vielen Stellen, wo der Kanal in Felſen eingeſchnitten werden mußte, hauptſächlich bei Banavie, Muirshearlich, Strone, an der Mündung des Fluſſes Oich und beſonders in der Haltung von Corpach, wo das ganze Baſſin in ſolchem Terrain ausgearbeitet wurde. Auch muß man die ſo ſchwierige und koſtſpielige Arbeit der Schleuſe von Clachnaharry, die im Meere auf künſtlichem Grunde von mehr als 60 Fuß Stärke aufgeführt werden mußte, und endlich die Menge von Kunſtbauten, wie Aquädukte, Wehre und Schleuſen in Rechnung bringen, deren Zahl bedeutender iſt als bei irgend einem andern Kanal. In den erſten Jahren des vorigen Decenniums wurden übrigens von dem Parlament noch beiläufig 120,000 Pfund für die Ausführung bedeutender Neubauten und für Reparaturen bewilligt und es beträgt daher die ganze Bauſumme des Kanals 1093271 Pf. St.

Mai.

Digitized by Google

Der Waſſerbau in der Landwirthſchaft.

Zweiter Abſchnitt. Entwäſſerungen *).

(Mit Zeichnungen auf Blatt 667 und im Text.)

Auf verſchiedenen Punkten der Erde gibt es und zwar manchmal ſehr große Landſtriche, die entweder beſtändig oder periodiſch mit Waſſer bedeckt ſind, die man aber durch zweckmäßig angelegte Entwäſſerungsarbeiten zu fruchtbaren Ländereien, oft von großem Werthe, umwandeln könnte. Die zu bedeutenden Austrocknungen erforderlichen Anlagen ſind oft mit ernſten Schwierigkeiten verbunden, die noch durch ſtreitige und adminiſtrative Fragen verwickelter werden, ſo daß in vielen Fällen bei dem Entwurfe und der Ausführung von Entwäſſerungen neben der ganzen Wiſſenſchaft des Ingenieurs auch die des Juriſten erforderlich iſt. In der gegenwärtigen Abhandlung können wir uns mit dem Detail der ausgedehnten Arbeiten dieſer Art nicht befaſſen, und es iſt nur unſere Abſicht die verſchiedenen Methoden anzugeben, die man in den mancherlei in der Landwirthſchaft vorkommenden Fällen anzuwenden hat.

Die verſchiedenen Gegenden, in denen ſich Moräſte befinden, geben die verſchiedenen Urſachen an, denen man den Zuſtand dieſer Ländereien zuzuſchreiben hat. Die ſorgfältigſte Unterſuchung dieſer Urſachen muß jedem Entwäſſerungsentwurf vorangehen, denn ſie deutet beinahe immer die anzunehmende Vorkehrungsweiſe an, um den beabſichtigten Zweck zu erreichen. Die im weiteren Verlaufe dieſes Abſchnittes gegebenen Erörterungen werden dazu führen, die Wichtigkeit dieſer Bemerkungen kennen zu lernen.

Vorarbeiten.

Wenn wir einen Moraſt austrocknen wollen, ſo iſt es unſere Abſicht ihn von dem Waſſer zu befreien, das ſich in ihm aufhält, und demjenigen einen Abfluß zu verſchaffen, das von anſtoßenden Höhen ſich in ihm anſammelt. Betrachtet man die Moräſte im Allgemeinen, ſo kann man ſie in zwei Klaſſen eintheilen, deren erſte diejenige umfaßt, wo die örtliche Beſchaffenheit der Art iſt, daß ein niedriger gelegener Punkt vorhanden iſt, zu oder durch welchen das Waſſer einen permanenten oder periodiſchen Abfluß finden kann. Es iſt dann die Aufgabe des Ingenieurs die Linien, das Gefälle und den Durchſchnitt der Abzugskanäle zu beſtimmen.

Die Moräſte zweiter Art ſind diejenigen, deren Fläche tiefer liegt als alle anſtoßenden Ländereien, welche mithin einen Keſſel bilden, aus dem das Waſſer nur bei einer gewiſſen Höhe entweicht. In ſolchen Fällen läßt ſich die Austrocknung nur mit Schöpfmaſchinen und Senk- oder Sickerbrunnen bewirken.

Gewiſſe Moräſte gehören beiden vorhergehenden Arten an; ſie ſind nämlich nur zum Theil austrocknungsfähig durch Abfluß, und es iſt die Anwendung von Maſchinen nöthig, um die ganze Operazion zu vollenden. Die Austrocknung ſolcher Moräſte erfordert die Anwendung der in den beiden erſten Fällen anwendbaren Methoden, auf die man bedacht ſein muß.

Wenn nicht eigenthümliche Fälle eintreten, in welchen Verhältniſſe ſtattfinden, die eine Abweichung von der allgemeinen Regel gebieten, hat man darauf zu achten:

1. von dem Moraſt die von außen kommenden Zuſtrömungen zu entfernen;

2. die überflüſſigen Gewäſſer von demſelben abzuleiten und zwar entweder durch Austrocknungskanäle, welche die ſich darin anſammelnden Gewäſſer nach dem Abflußpunkt führen, oder indem man das Waſſer aus dem Keſſel entfernt durch irgend eine Kraft, die man ganz oder theilweiſe anwendet, um das Regenwaſſer, das Ausdünſtung und Eindringen in den Boden nicht ſchnell genug abſorbiren, wenn der Keſſel einmal entwäſſert war, abzuführen.

Zur Berechnung der verſchiedenen Elemente dieſer Arbeiten muß man ermitteln:

1 die Größe des Moraſtbeckens und der daran anſtoßenden Nebenbecken;

2. die in verſchiedenen Jahreszeiten in einem Jahre fallende Regenmenge und diejenige, welche als Maximum an einem gegebenen Tage fallen kann;

3. das Verhältniß, nach welchem dieſes Waſſer in den verſchiedenen Becken durch Ausdünſtung, Eindringen in den Boden und oberirdiſchen Abfluß konſummirt wird, und welche Zeit zu dieſem Abfluß erforderlich iſt;

4. die Waſſermenge der Quellen und der perennirenden Waſſerläufe, ſei es bei ihrem niedrigſten oder höchſten Waſſerſtande, und die Waſſerquantität, welche die gewöhnlich trocken liegenden Betten in einem Regentage herbeiführen können. —

*) Der erſte Abſchnitt befindet ſich im Jahrgange 1853 der Bauzeitung S. 140.

Digitized by Google

Ermittlung der Ausdehnung des Beckens. — Man kann den Umkreis eines Beckens und die Punkte bestimmen, von denen aus das auf ein Plateau fallende Wasser in dieses oder in ein benachbartes Becken hinabströmt. Die Umfangslinie wird durch Hauptpunkte festgesetzt, die man unmittelbar auf dem Terrain erkennt, wenn die anstoßenden Plateaus geringern Umfang und starke Gefälle haben, oder man ermittelt sie durch Nivellirung der Wasserscheiden. Der Punkt der Nivellementskrümmung, wo die Tangente horizontal ist, wird der gesuchte sein. Verbindet man diese Punkte auf einer Karte durch Linien, so hat man den Umriß und zugleich den Flächenraum des Beckens. Aus den sorgfältig ausgeführten topographischen Karten kann man die Wasserscheiden, um die es sich hier handelt, unmittelbar kennen lernen. Bekanntlich gehorchen Positionen der Wasserscheidelinien und des Thalweges allgemeinen, sehr einfachen Gesetzen, deren Kenntniß das Terrainstudium ungemein erleichtert.

Es muß übrigens bemerkt werden, daß das auf die Oberfläche eines Beckens fallende Wasser nicht immer das einzige ist, das sich dort ansammelt; bei dem Auslaufen von durchdringlichen Schichten können auch Quellen mit zum Vorschein kommen, die vom Filtrazionswasser herrühren, deren Ursprung viel weiter entfernt ist als die scheinbaren Grenzen des Beckens. So erzählt Prony in seinem Werke über die pontinischen Sümpfe, daß er bei einer Vergleichung der Quantität des Regenwassers, welches in dieses Becken fällt und jährlich durch einen einzigen Kanal entweichen muß, mit der durch diesen Kanal wirklich abfließenden Wassermasse gefunden hat, daß die letztere beinahe die doppelte der ersteren war. Er schließt daraus natürlich, daß die Quellen eine bedeutende Wassermasse liefern, die aus Filtrazionen in benachbarten Becken entsteht und durch die Abschüssigkeit der undurchdringlichen Schichte, die sich weit jenseits des Kammes der äußern Abhänge erstreckt, in die genannten Moräste geführt wird. —

Von der Feuchtigkeit der Atmosphäre und ihren wässerigen Niederschlägen. — Die freie atmosphärische Luft enthält fortwährend eine größere oder geringere Beimischung feuchter Dämpfe oder Dünste, welche in Form kleiner Bläschen in ihr enthalten und in dieser Gestalt dem bloßen Auge nicht wahrnehmbar sind, im Augenblicke ihres Niederschlagens aber bemerkbar werden und alsdann unter dem Namen Thau, Nebel, Regen u. s. w. allgemein bekannt sind. Die Bestimmung dieser Feuchtigkeitsmenge und die Kenntniß der Gesetze, nach welchen ihre Vertheilung in den verschiedenen Klimaten zu verschiedenen Zeiten des Jahres stattfindet, begreift man unter der allgemeinen Benennung „Hygrometrie." Die zur Erforschung dieser Umstände angewandten Instrumente heißen „Hygrometer." Solcher Instrumente gibt es sehr viele, von den einfachsten bis zu den komplicirtesten, aber sie entbehren entweder der Genauigkeit oder ihre Behandlung erfordert zu viel Umständlichkeit und Behutsamkeit, als daß sie diesem wichtigen Theile der Meteorologie bei dem landwirthschaftlichen Publikum die gehörige Geltung hätten verschaffen können. Es ist dies um so mehr zu bedauern als die Feuchtigkeit der Luft auf die Vegetazion einen unmittelbaren und ungeheuren Einfluß ausübt, und ohne Zweifel einige gute Reihen von Beobachtungen hinreichend wären diesen Gegenstand und viele bis jetzt noch dunkle Erscheinungen aufgehellt zu sehen. Die bequemste Art, um zu einer bestimmten und genauen Kenntniß des hygrometrischen Zustandes der Atmosphäre zu einer gegebenen Zeit zu gelangen, ist die, daß man auf irgend eine Weise die Temperatur bestimmt, bei welcher der in der Luft enthaltene Wasserdampf nicht länger luftförmig bestehen kann, oder mit andern Worten, daß man den Thaupunkt findet.

Viele Körper besitzen die Fähigkeit, auch bei gewöhnlicher Temperatur die Wasserdünste der Luft an sich zu ziehen und dadurch gewisse Veränderungen zu erleiden; solche Körper nennt man „hygrometrische." Dahin gehören die meisten Körper des Thier- und Pflanzenreiches, wenn sie zuvor gut ausgetrocknet sind, auch viele ausgetrocknete Salze, wie die meisten chlorsauren Salze, das kohlensaure Kali u. s. w. Von den dem Thier- oder Pflanzenreich entnommenen Hygrometern ist der empfindlichste Sauſſure's Haarhygrometer; er ist aber für die meisten Landwirthe zu theuer. Weniger empfindlich sind der Fischbeinhygrometer von Deluc, die Hygrometer aus Darmsaiten, Federkielen, Grannen von Geranien und andern organischen Stoffen. Dalton, Daniel, Pouillet, de la Rive, Brunner u. a. haben sehr sinnreiche Feuchtigkeitsmesser angegeben, welche zwar unter sich keineswegs vergleichbar sind, aber doch die Veränderungen des Grades der atmosphärischen Feuchtigkeit anzeigen, so daß sie bis zu einem gewissen Punkte einige Nachweisungen über die Wahrscheinlichkeit des Regens

Digitized by Google

liefern. Wird ihre Beobachtung mit der der Winde und einigen andern phyſiſchen Erſcheinungen in Verbindung geſetzt, ſo kann eine lange Uebung zu guten und brauchbaren Vorausſagungen führen.

Die Ausdünſtung, welche an der Oberfläche des Waſſers oder der feuchten Erde ſtattfindet, iſt unmittelbar mit dem Grad der Trockenheit und der Temperatur der Luft, mit der Art und Intenſität des Windes, mit einem Worte mit allen Erſcheinungen, welche auf die Kultur Bezug haben, verbunden. Die genaue Kenntniß dieſes Phänomens iſt durchaus erforderlich zu den Beobachtungen in Betreff der Herſtellung der Reſervoirs und der Austrocknungsoperazionen. Leider ſind die Beobachtungsapparate noch zu unvollkommen, und die Erfahrungen der Phyſiker haben noch zu wenig Bedeutung, als daß ſich dieſe wichtigen Punkte mit vollkommener Sicherheit beſtimmen ließen. Der Ausdünſtungsmeſſer oder Atmometer beſteht in ſeiner einfachſten Form aus einem Gefäße, welches bis auf eine beſtimmte Höhe mit Waſſer gefüllt frei der Luft ausgeſetzt wird. Die Größe der Verminderung, welche das Waſſer in einer gewiſſen Zeit erleidet, zeigt die Größe der Verdünſtung an. An einer an dem Gefäß angebrachten Skala läßt ſich die Verminderung nach Zollen und Linien ableſen. Zweckmäßiger beſtimmt man die Größe der Evaporazion zu allen Jahreszeiten durch das Gewicht, wozu eine empfindliche Granwage am beſten dient. Man kann beide Methoden verbinden, indem man ein mit Waſſer gefülltes metallenes Gefäß beobachtet; täglich wird das Gefäß gewogen, und mit einer mikrometriſchen Schraube mißt man die Senkung des Waſſerſpiegels. Der Einfluß der Winde auf die Dampfverhältniſſe der Atmoſphäre iſt ein ſehr großer, wie denn ſchon eine Menge Erfahrungen aus dem gemeinen Leben darauf hinweiſen, daß die Luft nicht bei allen Winden einerlei Feuchtigkeit beſitzt. Hat der Wind eine gewiſſe Intenſität, ſo erzeugt er an der Oberfläche des in dem Gefäße enthaltenen Waſſers kleine Wogen und nimmt auf mechaniſchem Wege eine gewiſſe Quantität Waſſer im flüſſigen Zuſtande mit. Es iſt nothwendig die auf ſolche Art hinweggeführte Waſſermenge von dem Totalverluſte abzuziehen, um das wirkliche Quantum des verdampften Waſſers zu finden. Eins der zweckmäßigſten Mittel zur Erreichung dieſes Zweckes beſteht in der Aufſtellung eines mit geleimtem Papier beſpannten Rahmens an dem Rand des Gefäßes. Jeder Waſſertropfen, der auf dieſes Papier fällt, erzeugt einen größeren oder kleineren Fleck. Zählt man nun jeden Tag die entſtandenen Flecke, ſo kann man bis zu einem gewiſſen Punkt nach einigen vorläufigen Verſuchen die auf mechaniſchem Wege fortgeführte Waſſermenge ermitteln. Im Allgemeinen iſt die Dampfmenge in der Atmoſphäre am geringſten bei Nord-Nordoſtwind (NNO); ſie nimmt zu bei O, SO und S, wird am größten zwiſchen S und SW und nimmt wieder ab bei W und NW. Die Größe der Ausdünſtung richtet ſich vorzüglich nach der Wärme der Atmoſphäre, wobei aber Wind und Trockenheit der Luft dieſen Einfluß mannigfaltig abändern. Ihr Minimum fällt in die Wintermonate, ihr Maximum in die Monate Juli und Auguſt.

Die Unterſuchung der an der Oberfläche der feuchten Erde ſtattfindenden Verdünſtung geſchieht mit einem Gefäße, das mit Erde angefüllt, mit Löchern durchbohrt und beinahe bis an ſeine Ränder in den Boden verſenkt iſt. Eine nach einem Regen völlig getränkte und der freien Luft ausgeſetzte Erdſchichte zeigt unmittelbar nach dem Regen eine ſogar größere Verdünſtung als eine gleich große Waſſerfläche. Im Winter, wo die Feuchtigkeit des Erdreichs eine größere iſt, iſt auch deſſen Verdünſtung eine größere als die des Waſſers in der warmen Jahreszeit; dagegen überſteigt die letztere die erſtere um das 3 — 4fache.

Die Pflanzen zeigen nach Maßgabe ihres Baues und ihrer Entwicklungsperiode eine ſehr verſchiedene Verdünſtung. Dichte Grasflächen verdünſten in der warmen Jahreszeit, ſo lange die Pflanzen im vollen Wachsthume begriffen ſind und in ihrem Untergrunde hinreichende Feuchtigkeit finden, größere Mengen als gleich große Waſſerflächen. Bei lange anhaltender Trockenheit, bei ihrer Fruchtreife (wie z. B. die Gramineen), bei ihrem Verwelken iſt ihre Verdünſtung eine geringere.

Die natürliche Austrocknung eines Terrains iſt übrigens ein zuſammengeſetztes Phänomen, das nicht bloß in Folge der Ausdünſtung der Oberfläche ſtattfindet; die Kapillarität und die Beſchaffenheit des Unterbodens haben einen großen Antheil daran. Der beſte einzuſchlagende Weg zur Unterſuchung der Veränderungen der Bodenfeuchtigkeit beſteht darin, daß man jeden Tag aus derſelben Tiefe und von demſelben Felde ein Stück Erde wegnimmt, es austrocknet, und dann den Verluſt an Gewicht beſtimmt. Die vorſtehenden Andeu-

Digitized by Google

tungen genügen zum Verſtändniß der Vorrichtungen, die man zur Beobachtung der Ausdünſtung nothwendig hat. Im Uebrigen haben wir ſchon auf Seite 164 und 165 des vorigen Jahrganges der Bauz. einige praktiſche Angaben von verſchiedenen Beobachtern über die Verdünſtung des Waſſers mitgetheilt, und ein Weiteres darüber findet man in Schübler's Grundſätzen der Meteorologie.

Die wäſſrigen Lufterſcheinungen — Hydrometeoren — bilden das Produkt der Niederſchläge der in der Luft ſchwebenden Waſſerdünſte. Ihre häufigſte Urſache iſt Temperaturveränderung einer oder der andern Luftſchichte; Zuführung neuer Dünſte in eine mit ſolchen bereits überſättigte Luft, Veränderung in dem Druck der Luft, wobei Dünſte in einen kleineren Raum zuſammengepreßt werden, veranlaſſen ebenfalls wäſſrige Niederſchläge. Erfolgt ein ſolcher Niederſchlag durch eine Temperaturerniedrigung zunächſt in den tiefſten Luftſchichten und an der Erdoberfläche ſelbſt, ſo nennen wir ihn Nebel oder Thau, oder bei ſeiner Kryſtalliſirung in Folge ſehr niedriger Temperatur, Reif. Ein Niederſchlag aus höhern Luftſchichten ſtellt ſich dar als Regen, Schnee und Schloßen.

Der Regen iſt ein bei weitem beſſer unterſuchtes und gekanntes Phänomen als die oben berührten, an welche er ſich indeſſen unmittelbar anſchließt. Die gewöhnlichſten ſeiner Urſachen ſind ſchon im Vorhergehenden angeführt worden, zur nähern Erläuterung aber dieſes ſo weſentlichen Elementes der praktiſchen Meteorologie wollen wir in dieſer Beziehung noch einiges hinzufügen. Eine der häufigſten Veranlaſſungen zur Bildung des Regens iſt die Vermiſchung von Waſſerdünſten, welche eine verſchiedene Temperatur haben. Dieſe Theorie Hutton's iſt ſchon alt, hat aber ſtets ihre Geltung behauptet. Bei weitem die meiſten Regen laſſen ſich auf dieſen Grund zurückführen; er enthält auch die Erklärung der bei S und SW ſo häufigen Regen, indem uns dieſe Winde eine warme mit Waſſerdünſten geſättigte Luft zuführen, welche, wie auch die Erfahrung beweiſt, bei ihrer Vermiſchung mit der kälteren Luft, welche ſie antrifft, nach obiger Theorie nothwendig Regen erzeugen muß. Fällt Regen aus einer höhern kälteren Luftſchichte in eine untere wärmere, ſo wird dadurch die Temperatur der letzteren ebenfalls herabgeſetzt, und ſie entledigt ſich ihres Antheils an Waſſer in der Form von Regen.

Um den Regen zu meſſen, d. h. um die Regenmenge an einem Orte zu erhalten, beſtimmt man die Höhe, bis zu welcher das Waſſer auf einer horizontalen Ebene ſteigen würde, wenn es nicht verdünſtete. Hierzu dienen die verſchiedenen Regenmeſſer, die man Ombrometer, Hyetometer, Udometer, Pluviometer genannt hat. Dieſe Inſtrumente zur Meſſung der Menge der wäſſrigen Niederſchläge können ſehr einfach eingerichtet werden; es bedarf hierzu nur eines trichterförmigen an ſeiner obern Oeffnung genau abgemeſſenen mit Oelfarbe angeſtrichenen Gefäßes von Blech, deſſen Ablaufröhre ſich unten in einem zweiten geſchloſſenenen Behältniß endigt, in welchem ſich das in den Trichter fallende Regenwaſſer anſammeln kann, ohne durch Verdünſtung ſich merklich wieder zu vermindern. Zweckmäßig iſt es, dem zum Auffangen dienenden Trichter eine nicht zu kleine Oberfläche zu geben und ihn mit einem erhöhten Rand zu verſehen, damit bei Platzregen nicht ſo leicht Regenwaſſer aus dem Trichter herausſpritzen kann und ſich derſelbe bei fallendem Schnee nicht ſo bald füllt; man gibt der obern Mündung des Trichters die Fläche eines pariſer Quadratfußes und verſieht ihn mit einem ſenkrecht in die Höhe ſtehenden Rand von $^3/_4$ oder 1 Fuß Höhe, um daſſelbe Inſtrument auch zum Auffammeln des Schnees benützen zu können. Der Trichter endigt ſich in einer Röhre von etwa $^1/_4$" Durchmeſſer, durch welche ſich der Regen in einem untern blechernen Behältniß von etwa $^1/_2$ Kubikfuß Inhalt, auf welchem der Trichter ruht, anſammelt. Seine Menge wird nach jedem Regen gemeſſen. Fällt Schnee, ſo muß dieſer in dem Trichter des Regenwaſſers geſchmolzen werden. Die Menge des gefallenen Regens wird am beſten durch ein nach pariſer Kubikzollen eingetheiltes Gefäß gemeſſen und nach Kubikzollen aufgezeichnet, woraus ſich leicht die Höhe des gefallenen Waſſers nach Linien berechnen läßt. Fallen z. B. auf die Fläche eines pariſer Quadratfußes 144 Kubikzoll, ſo beträgt die Höhe des gefallenen Regens 1 Zoll; bei 12 Kubikzoll beträgt deſſen Höhe $^1/_{12}$ Zoll oder 1 pariſer Linie, bei 6 Kubikzoll $^1/_2$ Linie u. ſ. w. Zweckmäßig iſt es, den Regenmeſſer in einem geſchloſſenen Hof oder Garten auf der Erdfläche auf einem kleinen Fußgeſtell von etwa 1 oder $1^1/_2$ Fuß Höhe aufzuſtellen; geſchieht deſſen Aufſtellung auf den Gebäuden, ſo erhält man gewöhnlich eine geringere Regenmenge, indem durch Winde leicht Regentropfen und Schneeflocken zum Theil über die Mündung des Regenmeſſers weggeweht werden.

Digitized by Google

Zur Meſſung des fallenden Thaues läßt ſich derſelbe Regenmeſſer anwenden, nur muß der in dem Regenmeſſer ſich abſetzende Thau, deſſen Menge oft zu gering iſt, um zu Tropfen zuſammenzufließen, durch einen Pinſel oder durch Baumwolle, deren Gewicht man vorher trocken beſtimmt hat, aufgeſammelt werden; ihre Gewichtszunahme entſpricht der Menge des Thaues. Man wendet auch ein beſonderes Inſtrument an, das aus einer einfachen Scheibe von dünnem Blech beſteht, welche mit Oelfarbe angeſtrichen iſt, am Rand iſt ſie mit einer Einfaſſung von einer Linie Höhe verſehen und endigt ſich in der Mitte trichterförmig mit einer engen Röhre, durch welche der Thau in ein kleines Gefäß ablaufen kann. Die Scheibe wird auf einem Stock in einem Garten oder Hof aufgeſtellt und jedesmal bei Sonnenaufgang unterſucht, ob ſie trocken oder mit Thau belegt iſt. Iſt letzteres der Fall und die Menge des Thaues iſt zu gering, um in das Gefäß abfließen zu können, ſo trocknet man den Thau durch etwas zuvor genau gewogene Baumwolle auf, oder man wiegt die bethaute Scheibe, deren Gewicht man ſchon zuvor in trocknem Zuſtand genau beſtimmt hat. Ein preußiſcher Kubikzoll Waſſer wiegt bei 15° R 66 preuß. Pfund, wodurch ſich die Menge des gefallenen Thaues für jede gegebene Fläche nach Gewicht und Volumen leicht berechnen läßt. Iſt die Scheibe mit Reif belegt, ſo muß dieſer zuerſt im Zimmer zerſchmolzen werden.

Die Menge des Thaues iſt übrigens ſehr nach äußern Umſtänden verſchieden; ſie iſt in tiefern feuchten Thälern und wärmeren Gegenden größer als auf Bergen und in kälteren Himmelsſtrichen; ſie iſt ſchon in der Höhe der Bäume häufig geringer als unmittelbar auf der Erdfläche; ſie iſt ſelbſt je nach den verſchiedenen Körpern, welche dem Thau ausgeſetzt werden, verſchieden; in der Regel iſt ſie größer, wenn die zum Bethauen ausgeſetzten Körper Nichtleiter der Wärme ſind; am ſtärkſten werden diejenigen Körper bethaut, welche das ſtärkſte Ausſtrahlungsvermögen für Wärme haben; polirte Metallſcheiben werden weniger bethaut als Glasſcheiben, Holz, Baumwolle, Gras und grüne Vegetazion überhaupt, indem letztere Körper ſämmtlich ein größeres Ausſtrahlungsvermögen für die Wärme beſitzen.

Es ergibt ſich hieraus von ſelbſt die Schwierigkeit über die Menge des auf der Erdoberfläche in einer Gegend überhaupt fallenden Thaues etwas Genaues zu beſtimmen. Flanguergues fand die Menge des zu Viviers im ſüdlichen Frankreich im Jahre 1823 auf den oben bemerkten Thaumeſſer gefallenen Thau 2, 9 pariſer Linien Höhe, oder auf die Fläche eines pariſ. Quadratfußes berechnet 34,8 Kubikzoll. Es thaute in dieſem Jahre an 125 Tagen, und die mittlere Menge des an einem Tage fallenden Thaues betrug daher 0, 28 Kubikzoll oder 0,023 Linien Höhe. Der ſtärkſte Thau fiel im Oktober, wo ſeine Menge an einzelnen Tagen für die Fläche eines par. Quadratfußes ½ par. Kubikzoll oder 0,04 Linien Höhe betrug; im ganzen Monat Oktober fielen an 19 Tagen 9 par. Kubikzoll oder 0, 75 par. Linien hoch Thau.

Die komplicirten Inſtrumente zum Meſſen der wäſſerigen Niederſchläge beſtehen im Allgemeinen ebenfalls aus einem metallenen Gefäß, welches mit einem Trichter in Verbindung ſteht, der ſich mit einem cylindriſchen Theil von gewiſſem Querſchnitt endigt. Das metallene Gefäß oder das Reſervoir hat an ſeinem untern Theile einen Hahn, mit deſſen Hilfe man das Waſſer nach jedem Regentage in einem Gefäß ſammelt, welches der Art graduirt iſt, daß man durch das geſammelte Waſſer die Stärke der in den Trichter gefallenen Waſſerſchichte kennen lernt. Die zweckmäßig eingerichteten Apparate dieſer Art geben in den Händen aufmerkſamer und gewiſſenhafter Beobachter herrliche Reſultate; doch liefern dieſe Inſtrumente kein Mittel der Verifikazion, und werden ſie daher Unkundigen anvertraut, ſo können ihre Angaben wenig Vertrauen einflößen.

Der in Fig. 1 (S. 417) dargeſtellte Pluviometer ſoll dem eben bezeichneten Uebelſtande abhelfen. A iſt ein Trichter von Kupfer oder von angeſtrichenem Zink mit einem meſſingenen abgedrehten Ring an ſeinem oberen Theile, der die Peripherie eines Kreiſes von 4 Quadratdecimeter Oberfläche bildet. BB iſt ein in Centilitres eingetheiltes Rohr, deſſen beide Enden in meſſingenen Hülſen verkittet ſind. Der Trichter A und das Rohr B ſind durch ein Rohr von Blei oder vulkaniſirtem Kautſchuck verbunden, wenn örtliche Verhältniſſe es erheiſchen, dieſe beiden Theile das Apparats zu trennen. C iſt ein Reſervoir von Kupfer oder Zink, D ein Hahn zur Herſtellung der Verbindung zwiſchen dem Reſervoir C und dem graduirten Rohr BB; E ein Hahn am untern Theil des Reſervoirs C, der nur mit einem Schlüſſel gehandhabt werden kann, welcher in den Händen derjenigen Perſon bleiben muß, die die Beobachtung leitet und beaufſichtigt. FFF iſt der hölzerne Träger

Digitized by Google

des Inſtruments, welcher an eine Mauer oder an einen horizontalen Stiel durch Ringe befeſtigt wird, mit denen er verſehen iſt.

Der Trichter A muß auf das Dach des Hauſes oder des Schilderhauſes geſtellt werden, das zur Beobachtung beſtimmt iſt; die übrigen Theile des Apparats befinden ſich im Innern. Die Tülle des Trichters und der obere Ring der Röhre BB ſind mit Verbindungsringen verſehen, wie aus dem Durchſchnitt des Trichters und ſeinem Anſtoß zu erſehen iſt.

Die Anwendung dieſes Inſtrumentes iſt außerordentlich einfach. Schließt man den Hahn D, ſo ſammelt ſich das vom Trichter aufgefangene Waſſer in der graduirten Röhre BB; die auf letzterer nach den angenommenen Dimenſionen und der Gradeintheilung aufgezeichneten Zahlen geben die Höhe der gefallenen Waſſerſchichte in Viertelmillimetern an. Die mit der Beobachtung beauftragte Perſon ſchreibt jeden Tag ihre Ableſung auf, und ſogleich nach dieſer Operazion läßt ſie das Waſſer der in Grade eingetheilten Röhre in das Reſervoir fallen, indem ſie den Hahn D öffnet, ihn aber ſorgfältig wieder ſchließt, ſobald das Waſſer ganz in das Reſervoir abgefloſſen iſt.

Die die Beobachtungen beaufſichtigende Perſon mißt in größeren oder kleineren Zwiſchenräumen das Waſſer des Reſervoirs durch das Oeffnen des Hahns E vermittelſt des von ihr aufbewahrten Schlüſſels, und indem ſie die ſeit ihrer letzten Beobachtung angeſammelte Flüſſigkeit in einem gläſernen in Grade abgetheilten Aichmaß aufgefangen hat. Die Zahl der auf ſolche Art geſammelten Centiliter Waſſer drückt die Höhe der in dem beobachteten Zeitraum gefallenen Waſſerſchichte aus, eine Höhe, welche der Summe der in derſelben Periode von der mit den täglichen Beobachtungen beauftragten Perſon verzeichneten Höhen weſentlich gleich ſein muß. Dieſe ſtets leicht auszuführende und nur einige Minuten pro Monat verlangende Kontrole bildet die Vervollkommnung des in Rede ſtehenden Regenmeſſers, deſſen Beobachtung nun dem gewöhnlichſten Menſchen anvertraut werden kann, und wobei die aus Nachläſſigkeit oder Vergeſſenheit begangenen Irrthümer ganz vermieden werden.

Beſondere Beachtung verdient der von Horner angegebene Apparat, welchen Kämtz in ſeinem Lehrbuch der Meteorologie mit den Worten des Erfinders folgendermaßen mittheilt.

Fig. 2 gibt eine perſpektiviſche Anſicht dieſes Regenmeſſers. Aus der Röhre T eines Trichters von beliebiger Größe fließt das Regenwaſſer in eine Art Schiffchen A B von Weißblech, das bei C (Fig. 2, 3, 4) eine feſte Scheidewand hat und bei D und D' zwiſchen zwei Spitzen ſo beweglich iſt, daß es eine bedeutende Oberlaſt hat. Vermöge der letzteren ſteht es nie horizontal, ſondern fällt nach der einen oder andern Seite über, ſo daß immer eine der Abtheilungen ſenkrecht unter die Oeffnung des Trichters zu ſtehen kommt, wie die Lage in Fig. 2 es darſtellt. Der Gang dieſes Inſtrumentes iſt nun leicht zu erkennen. Sobald die jetzt oben ſtehende Abtheilung des Schiffchens A ſich ſo weit mit Waſſer gefüllt hat, daß ſie das Gewicht der andern leeren Hälfte und den Widerſtand, welchen das unterhalb ſtehende Räderwerk entgegenſetzt, zu überwinden vermag, ſchlägt das Schiffchen um und erhebt dadurch die andere Abtheilung B, die nun gleichfalls ſich füllt, um bald umzuſchlagen. Es bedarf alſo nur einer Einrichtung, um die abwechſelnden Schwankungen des Schiffchens zu zählen, und dies geſchieht durch folgende Anordnung: E E iſt ein Rad von 50 Zähnen, die, wie die Figur zeigt, ziemlich niedrig und auf der einen Seite ſenkrecht abgeſetzt ſind, ſo daß der am Schiffchen befeſtigte Haken ſich leicht über denſelben hinſchieben und mit Sicherheit das Rad rückwärts ziehen kann. Dieſes findet ſtatt bei jeder zweiten Ausleerung oder jedem Ueberſchlagen von A. Indem B ſich ausleert, wird der Haken F um einen Zahn vorgeſchoben, und, damit das Rad ſelbſt hierdurch nicht aus ſeiner Stellung verrückt werde, iſt an den Ständer D H der Hebel G angebracht, welcher mit einiger Schwere auf dem Rade aufliegt, ſo daß daſſelbe wohl durch den Hebel F zurückgezogen, niemals aber nach der andern Seite bewegt werden kann. Die beiden krummgebogenen Drähte J und J' (der letztere iſt der Deutlichkeit wegen in der Zeichnung abgebrochen) dienen das Schiffchen in der einen oder andern Lage zu unterſtützen, ſo daß der Grad ſeiner Neigung konſtant ſei, eine Bedingung, die auch leicht auf anderem Wege zu erreichen iſt.

Vermittelſt des Rades E E laſſen ſich nun bis auf 50 Schwankungen oder 100 Ausleerungen des Schiffchens zählen; eine Größe, die auch für den ſtärkſten Regen, der binnen 12 Stunden (z. B. die Nacht über) fallen möchte, mehr als hinreichend iſt. Einigen Verſuchen zufolge füllt ſich jede Kammer des Schiffchens vor dem Um-

Digitized by Google

Fig 1.

Fig 1a

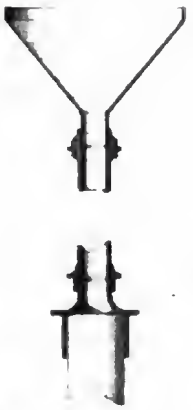


Fig 2

Fig 3

Fig 4

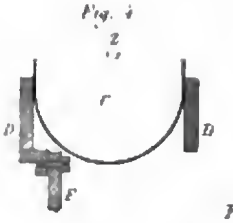


Fig 5.

Fig 6.

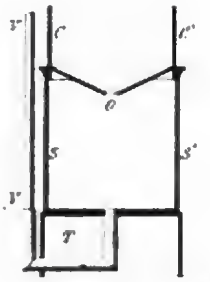


Fig 7

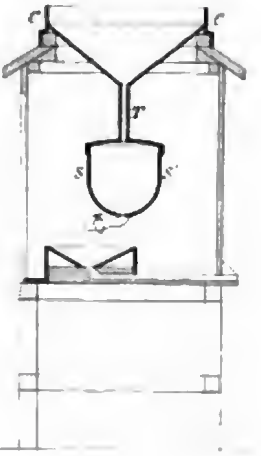


Fig 8.

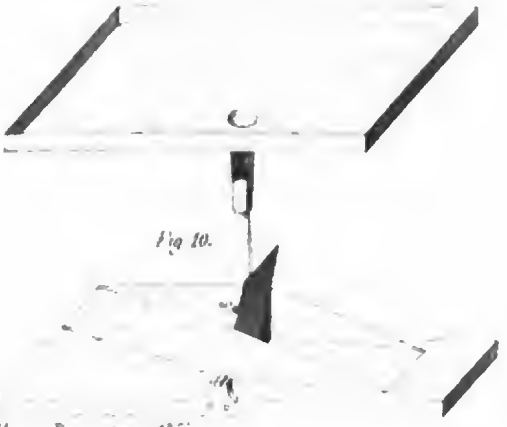
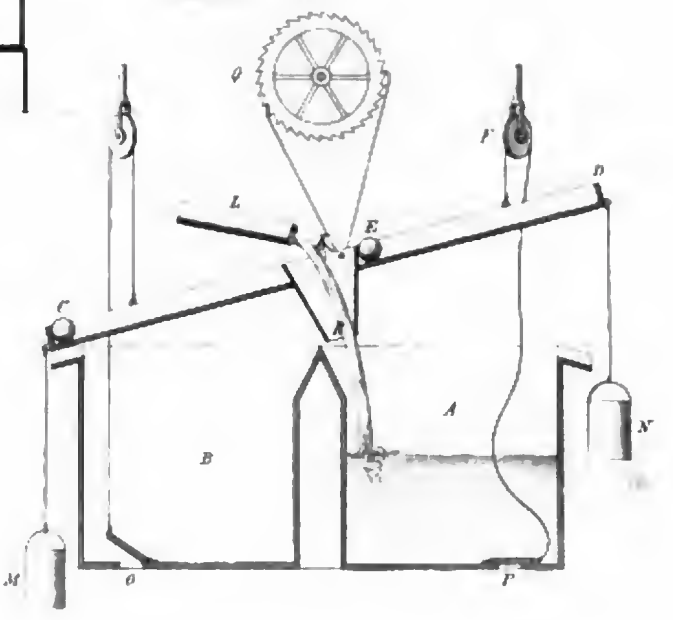


Fig 10.

Fig 11.

Fig 9



Digitized by Google

schlagen bis auf etwa 1 Kubikzoll an. Gäbe man dem kreisförmigen Trichter etwa 10 Zoll Durchmesser, so wäre der Flächenraum seiner Oeffnung 78½ Zoll; mithin würden die 100 Kubikzoll Wasser jenen Flächenraum etwa 1¼ Zoll hoch anfüllen, was bereits ein bedeutender Regenguß wäre. Sollte er auch noch stärker sein, so wird man sich nie um ein ¼ Zoll Regenhöhe irren können, und um aller Ungewißheit zu entgehen, dürfte man nur ein cylindrisches oder prismatisches Gefäß von etlichen Zollen Höhe und ein paar Zollen Durchmesser neben dem Trichter aussetzen, in welchem die Wasserhöhe die Ganzen, das Rad die Theile angäbe. Man ist jedoch auch dieser Mühe überhoben, wenn man die sinnreiche Einrichtung der nachlaufenden Räder (hunting wheels) benutzt, wodurch weder die Belastung noch die Reibung der Maschine auf eine so nachtheilige Art vermehrt wird, wie dieses durch Räderwerk der Fall wäre. Es befindet sich nämlich hinter dem Rade **E E** ein anderes Rad **L L** von 51 Zähnen, welches auf der Achse K (Fig. 2) befestigt ist, während **E E** nur vermittelst einer Hülse auf derselben sich dreht und durch den ebenfalls auf der Achse festen Zeiger **Z** gegen das Abgleiten gesichert ist. Beide Räder werden zugleich miteinander durch den Haken **F** fortgezogen, und so wird, wenn das Rad **E E** um 50 Zähne versetzt worden ist, das hintere Rad **L L** noch um den 51. zurück sein, und der Weiser **Z**, welcher mit ihm in fester Verbindung steht, wird um *einen* Grad der Eintheilung zur Rechten des Nullpunktes stehen, bei einer folgenden Revoluzion des Rades **E E** um *zwei* Grade u. s. f., so daß man mit dieser einfachen Vorrichtung 50 ganze Umläufe des Rades, mithin 50 Mal 100 oder 5000 Ausleerungen des Schiffchens notirt finden kann, was für den Trichter von 10 Zoll Durchmesser einer Wasserhöhe von 64 Zoll gleich käme, also hinreichte, den Regen zweier Jahre zu messen. Daß dieser Regenmesser keinem andern an Genauigkeit nachsteht, ist aus den obigen Annahmen leicht ersichtlich; es sind nämlich 100 Kubikzoll gleich einem Cylinder von 78,5 Quadratzoll Basis und 1,273 Zoll Höhe; also eine Ausleerung gleich dem hundertsten Theil dieser Höhe gleich 0,0127 Zoll oder 0,15 Linien. Der Werth eines Grades der Eintheilung, oder die eigentliche Sprache des Instrumentes, läßt sich jederzeit leicht ausmitteln, indem man ein genaues Flüssigkeitsmaß, dessen Kapacität in angenommenen Kubiktheilen, z. B. Kubikzollen, durch Aichung oder durch geometrische Ausmessung bekannt ist, mehrere Male nacheinander in den Trichter ausgießt und die entsprechenden Angaben des Rades damit vergleicht; eine Operazion, die von Zeit zu Zeit wiederholt werden muß, um sich zu versichern, ob und wie viel etwa eingetretene stärkere Reibungen die Anfüllungen der Kammern des Schiffchens vermehrt hätten.

Die beigefügten Zeichnungen stellen das Instrument in der halben Größe dar. Der Boden desselben **H H**, so wie die Ständer **H D** sind von starkem Eisenblech, etwa 2 Linien dick. Alle Bewegungen gehen zwischen Schraubenspitzen. Das Schiffchen ist etwa 5 Zoll lang, 2 Zoll breit und in der Mitte etwa 1⅓ Zoll hoch. Seine Form ist cylindrisch konkav, weil die Erfahrung zeigte, daß bei einem planen Boden, ungeachtet der merklichen Senkung, beim Entleeren immer eine Wasserschichte von 1 bis 2 Linien Dicke liegen blieb, welche die Unterlast derselben auf eine unbequeme Weise vermehrt hätte. Die Länge der Kammern von der Scheidewand bis zum Auslauf ist etwa $2^2/_3$ Zoll und dürfte wohl auf 3 Zoll gehen, weil dadurch die Hebelwirkung des Wassers vor dem Auslaufen vermehrt wird. Als Zeiger für die einzelnen Eintheilungen kann man die Schärfe des Hebels G gebrauchen, oder auch irgend anderswo am Gestell einen festen Weiser anbringen, während dem der Zeiger **Z** die ganzen Umläufe des Rades oder die Hunderte der Entleerungen angibt. Da jeder Grad der Eintheilung 2 Entleerungen gleich ist, so muß die Angabe des Hebels G verdoppelt werden, und wenn zugleich die Abtheilung **B** es ist, die zuletzt umgeschlagen (wie die Figur es darstellt), so muß zu dieser Zahl noch 1 hinzugesetzt werden. Das Ganze ist schwarz gefirnißt, die Eintheilung auf der gezahnten Scheibe hingegen weiß auf schwarzem Grunde, wobei die Striche recht sicher vermittelst der Reißfeder mit Firnißfarbe gezogen werden können. Die Maschine kommt in ein Kästchen (Fig. 5) von etwa 10 Zoll in Kanten zu stehen, das mit Glasfenstern und einer geschlossenen Thüre versehen, und auf welchem der Trichter T vermittelst eines flachen angelötheten Ringes oder Kragens befestigt ist. Im Boden desselben senkrecht unter den Ausleerungen des Schiffchens sind Löcher, groß genug, um dem Wasser freien Abzug zu gestatten. Das ganze Gehäuse ist stark mit Oelfarbe angestrichen, um den Einflüssen der Witterung desto besser zu widerstehen; es könnte auch ganz von Blech

Digitized by Google

verfertigt werden. Die Ausſetzung des Regenmeſſers hängt von Oertlichkeiten ab, nur muß er ſolid befeſtigt werden. Der Auffangstrichter muß ziemlich ſteil von Neigung ſein, damit die oft langſam einfallenden Regentropfen nicht einzeln auf dem Abhange liegen bleiben und verdunſten; oben muß er einen aufrechten cylindriſchen Rand haben, deſſen innerer Durchmeſſer an mehreren Stellen ſorgfältig nachgemeſſen werden muß.

Es ſei nun a der Flächenraum, welcher dieſem Durchmeſſer zukommt, M das gebrauchte Flüſſigkeitsmaß in Kubikzollen, N die Zahl der Ausleerungen des Schiffchens, welche dieſes Quantum Waſſer erheiſcht, um durchzulaufen, n die Zahl der Ausleerungen nach einem Regen, und h die abſolute Höhe des gefallenen Regens: ſo iſt erſtlich $\frac{M}{N}$ gleich dem Werth einer Ausleerung in Kubikzollen, mithin $n\,\frac{M}{N}$ gleich der auf die Trichteröffnung gefallenen Regenmenge, welche daſelbſt einem Waſſercylinder von der Größe a h entſprechen würde; daraus folgt $h = \frac{n\,M}{a\,N}$. Hier ſind M und a unveränderliche Größen; n iſt vielleicht wegen Ungleichheit der Reibung einer kleinen Aenderung unterworfen, die wohl erſt nach längeren Zeiträumen bemerkbar werden kann; mithin braucht man das jedesmal beobachtete n nur mit dem konſtanten Faktor $\frac{M}{a\,N}$ zu multipliciren, um h zu erhalten. Wäre z. B. $M = 68$ Kubikzoll, das ihm entſprechende $N = 40$; $n = 13$ und $a = 78{,}5$ Quadratzoll, ſo iſt $\frac{M}{N} = 1{,}7$ Kubikzoll; $\frac{M}{a\,N} = 0{,}0218$, ſomit $h = n \times 0{,}0218 = 0{,}284$ Zoll $= 3{,}4$ Linien Höhe. Wäre N nur $= 39$, ſo würde $h = 0{,}289$ Zoll, woraus erhellet, daß auch eine Aenderung der Reibung im Räderwerke auf das Reſultat von geringem Einfluß wäre. Um jedoch auch gegen dieſe Beſorgniß ſich völlig zu ſichern, möchte es für einen fleißigen Beobachter vorzüglicher ſein, jenes zweite Rad von 51 Zähnen ganz wegzulaſſen und dagegen dem Rade E E einen etwas größeren Durchmeſſer und 100 Zähne ſtatt 50 zu geben. Zu bemerken iſt noch, daß der am Schiffchen befeſtigte Hebel, welcher den Haken F in Bewegung ſetzt, ſo lang ſein muß, daß er denſelben um etwa $1\frac{1}{2}$ Zähne vorſchiebt, damit das Umſchlagen des Schiffchens durch keinerlei Widerſtand gehindert werde und der Haken den Zahn erſt berührt, wenn jenes bereits einige Beſchleunigung erhalten hat.

Fig. 6 ſtellt noch einen gewöhnlichen Regenmeſſer vor. Er beſteht in einem Cylinder von 6 bis 8 Zoll Durchmeſſer, der aus einem Recipienten C C' und einem Behälter S S' zuſammengeſetzt iſt. Der Recipient hat einen koniſch zugehenden Boden, der bei O mit einer Oeffnung verſehen iſt, und iſt an den Behälter S S' nach Art eines Bajonets befeſtigt. In den Boden des Behälters mündet eine Röhre T, welche, wie die Figur zeigt, gebogen iſt und eine gläſerne Röhre V V' aufnimmt, die ſenkrecht neben dem Cylinder in die Höhe geht. Dieſe Glasröhre iſt in gleiche Theile getheilt und dient, um an ihr die Höhe des Waſſers im Behälter zu beobachten. Man mißt genau die Fläche des Recipienten C C', beſtimmt den Rauminhalt des Behälters S S', um zu wiſſen, wie groß die Quantität der im Behälter enthaltenen Flüſſigkeit in Vergleich mit den verſchiedenen Höhen derſelben in V V' ſei. Mit Hilfe dieſes Inſtrumentes kann man nun die Quantität des Regens leicht berechnen, d. h. beſtimmen, wie dick die Schichte geweſen ſein würde, welche das Waſſer in einem Gefäße mit ebenem und horizontalem Boden gebildet hätte.

Fig. 7 zeigt einen Regenmeſſer, welcher im Obſervatorium zu Paris gebraucht wurde. C C iſt der Recipient, S S der Behälter; das Waſſer fällt aus dem Recipienten in den Behälter durch die Röhre T; etwas unterhalb des Cylinders befindet ſich ein cylinderförmiges Gefäß, welches ſorgfältig geaicht iſt und auf ſeiner innern Wand Theilſtriche trägt, die in Centimetern die Höhe der Flüſſigkeit anzeigen; der Recipient hat einen Durchmeſſer von 76 Cent. und das untere Gefäß einen Durchmeſſer von 24 Cent., ſo daß die Oberfläche des letztern dem achten Theil der Oberfläche des erſteren gleich iſt. Man bedient ſich auch noch kleinerer graduirter Gefäße, um die kleinen Bruchtheile zu meſſen. Dieſer Apparat ſteht mitten in der Höhe des Obſervatoriums und wird von einem kleinen eichenen Geſtell getragen, das eine Art von Schrank bildet, in dem ſich der Behälter, das untere Gefäß und die graduirten Gefäße befinden. Ein ähnlicher Apparat iſt unterhalb der Terraſſe des Obſervatoriums aufgeſtellt, deſſen Recipient ſich $28^m 0$ unter dem Recipienten auf dem Hofe befindet. Beide Recipienten ſind vollkommen frei und unbedeckt. Nach dreizehnjährigen Beobachtungen dieſer Regenmeſſer ergab es ſich, daß die mittlere Quantität des Regens, welche jähr-

Digitized by Google

lich zu Paris in dem Hofe des Observatoriums fällt, 56 Cent. beträgt, während die mittlere Quantität, welche auf die Terrasse fällt, nur 50 Cent. ist; eine nicht zufällige Differenz, weil sie jedes Jahr in demselben Sinne und fast mit demselben Werthe stattfindet. Es folgt daraus das bemerkenswerthe Resultat, daß zu Paris die Quantität des Regens, welche bei 28m0 Höhe fällt, nur $^5/_6$ derjenigen ist, welche auf die Ebene fällt, und hat dies seine Erklärung darin, daß die Wassertropfen während ihres Herabfallens durch die niedern Schichten der Atmosphäre vermöge der von ihnen bewirkten Kondensazion des Wasserdampfes an Größe zunehmen. Es ist in Bezug auf die angeführten und überhaupt gemachten Beobachtungen zu bemerken, daß bei den Regenmessern natürlich auch diejenigen Quantitäten Wasser mitgerechnet werden, welche gefroren herabkommen, da ihre Bildung im Allgemeinen dieselbe wie die des Regens ist.

Hagen gibt noch die folgenden Regenmesser an. In Fig. 8 besteht derselbe aus einem Kasten von 1 bis 4 Quadratfuß Oberfläche, der mit einer niedrigen Seitenwand versehen und oben offen ist. Der Boden ist flach geneigt und über denselben fließt das Wasser nach einer Röhre, die es in ein darunter gestelltes Gefäß führt. Die Wassermenge wird aber entweder durch unmittelbares Ausmessen oder durch Abwiegen bestimmt. Auf diese Art erfährt man, wie viele Kubikzolle Wasser in den Kasten gefallen sind. Dividirt man diese Zahl durch die Oberfläche des Kastens in Quadratzolle ausgedrückt, also für die angenommene Größe des Regenmessers von 4 Quadratfuß durch 576, so ergibt sich, wie hoch das beim Regen herabgefallene Wasser den Erdboden bedecken würde, wenn derselbe horizontal und zum Einsaugen des Wassers nicht fähig wäre; diese Höhe gilt gewöhnlich für das Maß, in welchem man die Quantität des Regens ausdrückt. Damit die Beobachtungen dieser Art einigermaßen genau ausfallen, muß zunächst für die wagrechte Aufstellung des Kastens und zwar des obern Randes desselben gesorgt werden, weil sonst beim schrägen Herabfallen der Tropfen leicht zu viel oder zu wenig Wasser aufgefangen werden könnte. Ferner wird nach dem Regen ein Theil des Wassers an den Wänden und auf dem Boden des Kastens haften, ohne in das Gefäß zu fließen; bei schwachem Regen kann es sogar geschehen, daß die ganze Masse hier hängen bleibt und durch die bald darauf erfolgende Verdunstung sich der Beobachtung gänzlich entzieht. Durch Auswischen mit einem Schwamm, der vorher gewogen ist, kann man auch diese Wassermasse auffangen und untersuchen. Endlich bietet das untergestellte Gefäß, wenn es eine passende Form hat, zwar nur eine geringe Wasseroberfläche dar und die Verdunstung in demselben ist alsdann nicht bedeutend; nichts destoweniger kann letztere sehr groß werden, wenn die Nachmessung erst nach längerer Zeit vorgenommen wird. Um diesen Mängeln zu begegnen, hat man den Gebrauch von Apparaten vorgeschlagen, worin das einfließende Wasser eine Art Uhrwerk in Bewegung setzt und sich dadurch selbst registrirt, in ähnlicher Art, wie auf den Salinen die gehobene Soole gewöhnlich gemessen wird; daß durch dieses Mittel die Genauigkeit der Beobachtung sehr verliert, bedarf kaum der Erwähnung, nichts destoweniger theilt man die Beschreibung einer Vorrichtung dieser Art mit, weil dieselbe auch in andern Fällen wie z. B. bei Wasserleitungen zuweilen Anwendung findet.

In Fig. 9 sind A und B zwei gleich große Kasten, deren jeder etwa 10 Kubikfuß faßt; das Wasser oder die Soole fließt aus der Röhre L durch den Trichter R in einen oder den anderen dieser Kasten, je nachdem der Trichter die in der Figur angedeutete Lage oder eine entgegengesetzte einnimmt. Dieser Trichter ist nämlich am Balancier CD befestigt und dreht sich mit demselben um die horizontale Achse K. Damit der Balancier nicht schwankt und jedesmal seine Stellung behält, wobei das Wasser über die Mittelwand fort nach einem oder dem andern Kasten fließt, so liegt in jedem Arm des Balanciers eine eiserne Kugel EC, von denen die äußere, also in der Figur die Kugel C, ein entschiedenes Uebergewicht bildet. Sobald der Kasten A beinahe bis zum Rande angefüllt ist, fängt das Wasser an durch eine Seitenrinne in den kleinen Eimer N überzufließen und füllt denselben sehr schnell an, obgleich er im Boden mit einer geringen Oeffnung versehen ist. Dieser Eimer hängt am Ende des Balanciers, und wenn er beinahe gefüllt ist, so hebt er das Uebergewicht der Kugel C auf und verursacht dadurch die Drehung des Balanciers. Letzterer bewegt sich anfangs langsam, aber sobald er die horizontale Lage überschreitet, so fangen auch die Kugeln C und E zu rollen an, und indem die letzte nach D gelangt, so stößt der Balancier mit Heftigkeit auf

Digitized by Google

die Seitenwand des Kaſtens A und nimmt dieſe Stellung mit Sicherheit ein, wodurch das Waſſer nunmehr in den Kaſten B geführet und der leere Eimer M gehoben wird. Bei der Bewegung des Balanciers wird mittelſt einer über die Rolle F geführten Leine die Klappe P am Boden des Kaſtens A gehoben und die darin befindliche Waſſermaſſe fließt aus. Auch der Eimer N entleert ſich durch die im Boden angebrachte kleine Oeffnung. Auf ſolche Art füllt ſich abwechſelnd der eine oder der andere Kaſten, und die beiden Speerhaken, die vom Balancier nach dem Rade Q hinaufgehen, von denen der eine zieht und der andere ſchiebt, rücken bei jedem einzelnen Stoße des Balanciers das Rad um einen Zahn und zwar immer in derſelben Richtung weiter, woher der an der Achſe befeſtigte Zeiger die Anzahl der vorkommenden Abwechslungen bezeichnet. Durch Verſtellung der Abflußrinnen, welche das Waſſer aus dem Kaſten in die Eimer leiten, und durch andere Veränderungen kann man leicht bewirken, daß die geſammte Waſſermaſſe, die jedesmal in einen Kaſten fließt, ein beſtimmtes Volumen einnimmt. —

Man begnügt ſich zur Meſſung der Regenmenge auch mit einem kleinen Kipptroge Fig. 10, bei dem das Waſſer jedesmal in das obere Reſervoir fließt, welches durch die Füllung ſelbſt das Uebergewicht bildet und dadurch die veränderte Stellung hervorbringt. Um die Anzahl der erfolgten Stöße zu markiren, darf aber auch hier die Anbringung eines Räderwerks nicht fehlen. Es muß dabei noch bemerkt werden, daß Fig. 10, um die Aufſtellung des Kipptroges zu verdeutlichen, zwar mit Fig. 8 in Verbindung geſetzt, jedoch in einem viel größern Maße bezeichnet iſt. Mohr leitet das Waſſer aus dem Regenmeſſer in ein Gefäß, in deſſen Seitenwand ſich ein Heber befindet, der mit ſeinem kürzern Schenkel bis zum Boden dieſes Gefäßes herabreicht. Sobald ſich letzteres bis zum Scheitel des Hebers angefüllt hat, tritt dieſer in Wirkſamkeit und entleert ſchnell das Gefäß. Er gießt das Waſſer wieder in einen kleinen Eimer, der am Boden mit einer Oeffnung verſehen iſt und auf einem Hebel ſteht. Wenn der Eimer leer iſt, ſo wird er durch das Gegengewicht gehoben; ſobald er ſich aber mit Waſſer füllt, ſo bildet er ein ſtarkes Uebergewicht und dreht den Hebel. Auf dieſe Art wird die Regenmenge durch die Anzahl der Stöße des Hebels gemeſſen.

Daniell's Hygrometer (Fig. 11) beſteht aus einer gekrümmten Glasröhre, an welcher ſich an beiden Enden angeblaſene Glaskugeln A B von $^5/_4$ Zoll Durchmeſſer befinden. In der einen B iſt innerhalb der Kugel und Röhre ein Thermometer angebracht, dann iſt in dieſe Kugel Aether gethan und zum Kochen gebracht, um die Luft aus beiden Kugeln und der Röhre durch die Oeffnung F auszutreiben. Wenn die Aetherdämpfe aus der bis dahin noch offen gelaſſenen Mündung F ſtark ausſtrömen, wird dieſe Oeffnung an der Lampe zugeſchmolzen. Indem nun ſo der Raum in beiden Kugeln luftleer iſt, wird er offenbar immer mit einem der jedesmaligen Temperatur angemeſſenen Aetherdampf von dem in der Kugel noch in hinreichender Menge übrigen Aether gefüllt ſein, und ſo lange beide Kugeln gleich auf dieſen Dampf einwirken, ſteht der innere Thermometer ſo hoch als der am Fuße des Inſtruments in freier Luft angebrachte Thermometer D. Sobald man aber die Kugel AF, die zu dieſem Zwecke mit Muſſelin überzogen iſt, mit Aether betröpfelt, reißt der an der Oberfläche verdampfende Aether Wärme an ſich, bringt daher den inneren Aetherdampf zum Niederſchlagen, und bewirkt ſo ein lebhafteres Verdampfen des Aethers in der Kugel B, und dabei kühlt ſich dieſe Kugel ſehr erheblich ab. Ihre Abkühlung erreicht bei der Gewalt, mit welcher der auf AF verdampfende Aether die Wärme an ſich reißt, bald den Grad, wobei die Kondenſazion der Dämpfe in der freien Luft auf der Oberfläche der Kugel B ſtattfindet, und der Beobachter muß, ſobald er den leiſeſten Hauch von Niederſchlag auf der Kugel bemerkt, den Grad des im Innern enthaltenen Thermometers ableſen, indem dieſes dann die Wärme des Bethauungspunktes angibt. Damit der leichteſte Niederſchlag deutlicher ſichtbar ſei, iſt die Kugel B vergoldet, und man ſieht den Niederſchlag da am erſten, wo ſich die Oberfläche des Aethers im Innern der Kugel befindet. Die Beobachtung dieſes Hygrometers iſt etwas ſchwierig, weil man den erſten Augenblick des leiſeſten Bethauens wahrnehmen und da den Stand des innen angebrachten Thermometers beobachten muß; dieſer erſte feine Niederſchlag iſt aber keineswegs ſo leicht wahrzunehmen und man muß, da der Thermometer immer tiefer fällt, ſehr achtſam ſein ihn richtig zu beobachten. Wenn die Befeuchtung mit Aether nur unvollkommen iſt, ſo ſinkt der Thermometer langſam, und man hat dann etwas mehr Zeit, um ſich von dem nach und nach merklicher werdenden Bethauen zu überzeugen; doch muß man beim wirklichen Gebrauche

Digitized by Google

dieſes Hygrometers ſich gewöhnen, den erſten Anfang des Bethauens wahrzunehmen und der vergoldeten Kugel eine ſolche Stellung gegen das Licht geben, daß die kleinſte Veränderung des Glanzes bemerkbar ſei.

Gehen wir zu dem Regen ſelbſt über. Die wäßrigen Niederſchläge im Allgemeinen theilen den Pflanzen die Feuchtigkeit mit, welcher ſie zu ihrem Gedeihen benöthigen; insbeſondere iſt es der Regen, deſſen Wirkungen für den Landbau in dieſer Hinſicht ſo wichtig ſind. Die Vertheilung des Regens und ſein Ueberfluß in verſchiedenen Jahreszeiten ſind eins der hauptſächlichſten Elemente der Fruchtbarkeit des Terrains und eine der thatſächlichſten Urſachen des allgemeinen Aufblühens der Agrikultur eines Landes, weßhalb auch die Angaben, welche die meteorologiſchen Beobachtungen in dieſer Beziehung liefern, nicht genug zu ſchätzen ſind.

Der Regen iſt in den verſchiedenen Ländern ſehr ungleich vertheilt, ſei es nun in Beziehung auf die gefallene abſolute Waſſermenge oder bloß in Beziehung auf die jährlichen Regentage und ihre Vertheilung in verſchiedenen Jahreszeiten. In den Gegenden, wo es häufig regnet, ſind die einzelnen Regengüſſe nicht ſehr ausgiebig, dringen aber gleichförmig in die Erde ein und unterhalten die Vegetazion in einem beſtändigen Zuſtand der Feuchtigkeit und Friſche. Solche Gegenden eignen ſich beſonders zur Kultur der Futterkräuter und zur Viehzucht. In den Ländern, wo die Regengüſſe weniger häufig ſind, das Waſſervolum indeſſen beträchtlich, bilden ſie Wildſtröme, verheeren die Anpflanzungen auf den abſchüſſig gelegenen Ländereien, erſäufen den Boden in den niedriger gelegenen Theilen, und dieſer trocknet alsdann in der darauf folgenden längeren trockenen Zeit und in der alsdann ſtattfindenden größeren Wärme vollkommen wieder aus. Die Kenntniß der jährlich fallenden Menge Regen- und Schneewaſſers iſt ſomit für den Landwirth wichtig, indem das Gedeihen mancher Kulturpflanzen vorzüglich davon abhängt und bei Beurtheilung der Bodenverhältniſſe einzelner Gegenden die ihnen zukommende Regenmenge immer zugleich berückſichtigt werden muß.

So wechſelnd in den einzelnen Jahren die Regenmengen an den einzelnen Orten auch immer ſind, ſo laſſen ſich doch die Mittel derſelben angeben, über und unter welche die Regenmenge ſelten um viel abweicht. Arago hat in dieſer Hinſicht viel intereſſante Daten geſammelt. Er war namentlich der erſte, welcher auf die Abnahme der jährlichen Regenmenge vom Aequator nach den Polen aufmerkſam machte. Nach ihm und anderen Beobachtern beträgt die jährliche Regenſchichte an der Küſte von Malabar 116 par. Zoll, in Petersburg dagegen nur 17 Zoll. Die Tropen haben nach Humboldt im Mittel eine jährliche Regenmenge von 70 Zoll; an der Oſtküſte der Vereinigten Staaten beträgt ſie 40 Zoll, für Deutſchland 26—27 Zoll, für England 30 Zoll.

Die Regenmenge wechſelt nach den verſchiedenen Jahreszeiten und zwar iſt ſie für Deutſchland in den Sommermonaten am größten. Nach Kämtz ergeben ſich für Deutſchland folgende Zahlen, wenn man die in den einzelnen Jahreszeiten herabfallenden Mengen als Procente der ganzen jährlichen Regenmenge ausdrückt: Winter 18,2; Frühling 21,6; Sommer 37,1; Herbſt 23,2 oder in Maße ausgedrückt: Winter 4 Zoll 3,74 Linien; Frühling 5 Zoll 3,45 Linien; Sommer 9 Zoll 8,82 Linien; Herbſt 5 Zoll 11,88 Linien.

Einen bedeutenden Einfluß hat die verſchiedene Windrichtung, und zwar zeigen einzelne Gegenden in dieſer Hinſicht große Unterſchiede. Die Regenwinde einer Gegend, d. h. diejenigen, welche für die einzelnen Gegenden am häufigſten Regen mit ſich führen, laſſen ſich ſchon aus dem Mittel 4 bis 5jähriger Beobachtungen finden. Für Deutſchland wehten nach Schübler's Beobachtungen an 100 Regentagen folgende Winde in der angegebenen Anzahl: N: 7,66; NO: 5,37; O: 5,76; SO: 5,07; S: 10,42; SW: 24,44; W: 27,29; NW: 12,25. Dieſe Zahlen ſiud das Mittel einer Reihe von Beobachtungen, die an verſchiedenen Orten angeſtellt wurden; für einzelne Gegenden finden ſich jedoch bedeutende Abweichungen.

Die Regenmengen nehmen im Allgemeinen um ſo mehr ab, je tiefer man in das Innere des Feſtlandes kommt; die Zahl der Tage aber, an welchen jährlich Regen fällt, ſteht nicht im geraden Verhältniſſe zur Regenmenge, vielmehr zeigt die Dichtigkeit oder Intenſität des Regens große Verſchiedenheiten; im Allgemeinen iſt die Zahl der Regentage um ſo größer und die Regenmenge um ſo geringer, je mehr man ſich von dem Aequator entfernt. In England iſt die Zahl der Regentage 160, in Deutſchland gegen 150, in Ofen 110, in Kaſan 90. Einige Ausnahmen ſcheinen diejenigen Orte zu machen, wo das ſchwediſche und mitteleuropäiſche Klima zuſammenſtoßen (wo es bei Weſt- und Oſtwinden gleich oft

Digitized by Google

regnet), indem hier die Zahl der Regentage wieder zuzunehmen ſcheint. So z. B. zählt man in Petersburg 168, in Moskau ſogar 205 Regentage. Sehr ſelten werden die Regen in Sibirien, indem in Irkutzk nur an 61, in Nertſchinsk nur an 54 Tagen Regen fällt.

Munke hat folgende Tabelle aufgeſtellt, welche aus den beſten vorhandenen Beobachtungen geſchöpft iſt.

Orte	Polhöhe	Höhe par. Fuß	Regenmenge par. Zoll	Regentage	Orte	Polhöhe	Höhe par. Fuß	Regenmenge par. Zoll	Regentage
Aberdeen	57,04°	"	27,64	"	Coblenz	50,35°	"	20,84	"
Abo	60,50	"	24,14	146	Coimbra	40,25	281	111,54	"
Alais	44,12	431	38,18	68	Conegliano	45,78	"	44,25	"
Algier	36,81	"	25,8	"	Crawshawbooth	53,75	"	56,29	"
Ander	48,15	2288	27,32	147	Cuba	21,30	"	85,85	"
Apenroe	55,05	38	21,07	179	Cumana	10,25	18	7,50	"
Arles	43,67	"	22,30	107	Cuxhaven	53,87	28	29,2	145
Augsburg	48,39	1464	36,68	148	Delft	52,15	"	26,10	"
Aurerre	47,75	266	23,20	"	Dijon	47,31	856	23,91	124
Avignon	43,95	85	23,05	"	Domingo	18,36	"	113,00	"
Bancoorah	23,50	"	27,93	"	Dordrecht	51,78	"	36,60	"
Barrowby	53,80	"	23,74	"	Dover	51,12	"	44,10	"
Bayeur	49,3	"	20,00	"	Dumfries	55,10	"	34,75	"
Baykullo	19,00	"	91,94	"	Edinburg	55,93	"	23 50	"
Bergamo	45,70	"	43,60	"	Epping	51,70	"	25,21	"
Bergen	60,70	"	77,60 83,16	"	Erfurt	50,98	585	12,57 15,6	128
Berlin	52,52	115	19,60	171	Felle Foot	54,35	"	52,25	"
Bern	46,95	1769	43,30	"	Florenz	43,77	255	38,80	"
Bernhard St.	45,53	7668	59,23	107	Francker	53,12	"	28,56	172
Bezières	43,34	358	16,24	"	Freudenſtadt	48,45	2175	57,10	"
Bologna	44,50	372	29,11	"	Funchal	33,00	"	27,32	"
Bombay	18,95	"	78,34 90,67	"	Fyfield	51,00	"	24,30	"
					Garsdala	54,00	"	49,07	"
Bordeaux	44,83	"	24,3	158	Genf	46,25	1252	28,81	103
Boſton	42,42	"	22,32	"	Genkingen	48 42	2400	35,56	"
Bourg-en-Breſſe	46,20	"	43,33	"	Genua	44,41	"	44,43	"
Braurholm	55,85	"	29,50	"	Giengen	48,61	1440	25,60	143
Breda	51,60	"	24,63	158	Glasgow	55,85	"	20,10	"
Brescia	45,49	400	41,02	"	Gosport	50 83	"	27,89	"
Breslau	51,15	400	23,9	"	Göttingen	51,52	412	24,90	162
Bridgewater	51,10	"	27,5	"	Granada	12,20	"	105,10	"
Briſtol	51,46	"	21,89	"	Guadeloupe	16,50	"	80,00	"
Brüſſel	50,85	262	17,90	164	Haag	52,07	"	26,60	"
Calcutta	22,57	"	111,00 71,25	"	Hackney-Wick	51,57	"	22,80	"
					Hagenau	48,82	443	25,05	166
Cambray	50,17	"	16,04	"	Harderwyck	52,34	"	26,10	"
Cambridge	42,25	210	36,51	"	Harlem	52,37	"	23,20	"
Carbeth	56,00	"	39,09	"	Havannah	23 00	"	85,73	"
Carliſle	54,95	"	24,31	209	Heidelberg	49,61	313	24,47	"
Carlsruhe	48,99	380	25,55	174	Joyeuſe	44,46	600	47,91	97
Cayenne	4,93	"	109,87	"	Kandy	3,50	"	68,90	"
Charleſtown	42,27	"	44,90	"	Kendal	54,36	"	50,40	"
Chatsworth	53,00	"	25,95	"	Keswick	54,51	"	63,32	"
Chioga	45,26	12	30,74	"	Kimbolton	52,40	"	23,45	"
Chur	46,83	1872	32,10	115	Kinfeuns	56,89	"	23,17	148

Digitized by Google

Orte	Polhöhe	Höhe par. Fuß	Regenmenge par. Zoll	Regentage	Orte	Polhöhe	Höhe par. Fuß	Regenmenge par. Zoll	Regentage
Knutsford . . .	43,00°	"	30,60	"	Peißenberg . . .	47,78°	3145	20,70	"
Kopenhagen . . .	55,70	82	17,31 19,52	"	Petersburg . . .	59,93	106	17,10	167
Lancaster	54,05	"	37,25	168	Philadelphia . . .	39,93	"	39,24 30,00	"
Lausanne	46,52	1533	37,75	"	Pisa	43,72	51	34,50	"
Leiden	52,15	"	49,88	107	Plymouth . . .	50,36	"	29,10	"
Lighton-Bazard . .	51,80	"	22,21	"	Poitiers	46,57	"	22,17	"
Lissabon	38,70	"	25,39	"	Prag	50,08	592	15,40	109
Liverpool	53,43	"	32,39	"	Regensburg . . .	49,00	950	21,07	130
London	51,50	162	23,40	"	Rio Janeiro . . .	22,90	"	55,60	"
Lüneburg . . .	53,25	"	24,00	"	Rochelle	46,15	83	24,25	146
Ludgvan	51,10	"	38,46	"	Rom	41,90	141	29,30	120
Lund	55,71	"	18,10	"	Rotterdam . . .	51,92	"	21,20	187
Lyon	45,75	476	37,00	"	Rovigo	45,25	"	30,82	"
Madeira	32,60	"	28,15	"	Sagan	51,70	387	15,80	192
Mastricht . . .	50.81	"	70,01	"	Salo	45,66	"	39,40	"
Mailand	45,47	394	36,50	"	Salzuffeln . . .	52,07	254	26,90	"
Malabar-Küste . .	11,00	"	90,00	"	Siena	43,36	"	32,05	"
Malton	54,08	"	28,36	135	Sparendam . . .	52.34	"	31,57	"
Man	54,30	"	34,83	145	Stockholm . . .	59,33	309	17,58	"
Manchester . . .	53.47	"	33,91	"	Straßburg . . .	48,57	450	25,57	153
Mannheim . . .	49,50	258	21,01	"	Stuttgart . . .	48,77	837	23,75	155
Mantua	45,07	"	28,77	"	Tegernsee . . .	48,15	2324	43,80	170
Mariette	39,50	"	38,92	"	Tolmezzo	46,40	"	70,04	"
Marostica . . .	45,30	"	40,90	"	Toulon	43,12	"	17,50	"
Marseille	43,30	144	17,3	55	Toulouse	43.60	446	23,66	"
Martinique . . .	14,50	"	81,60	"	Trient	46,16	754	33,35	"
Maurice St. . .	45,68	1772	23,12	144	Trier	49,77	379	27,90	146
Metz	49,12	456	27,25	159	Trieft	45,63	265	32,00	"
Middelburg . . .	51,51	76	25,40	163	Troyes	48,30	"	22,40	140
Miſſiſſippi . . .	31,50	"	40,14	"	Tübingen	48,52	1010	23,90	110
Montmorenci . .	48,50	"	21,50	"	Turin	45,07	738	24,86	100
Montpellier . . .	43,60	"	30,40	85	Udine	46,15	66	59,57	"
Mühlhausen . . .	47 81	708	28,30	164	Ulm	48,40	1130	25,15	"
Neapel	40,83	26	35,00	"	Upſala	59.85	"	14,41	"
Near-Dundle . .	52,43	"	21,58	"	Utrecht	52,08	"	23,20	"
Near-Ware . . .	51,80	"	23,46	"	Venedig	45,42	12	29,90	"
New-Bedford . .	41,50	"	45,96	"	Verona	45,43	157	34,56	84
New-Haven . . .	41,00	"	51,38	"	Vicenza	45,45	"	41,06	"
New-Orleans . .	29,95	"	39,00	"	Viviers	44,50	"	33,97	98
Nimes	43,83	"	23,73	"	Weißenburg . . .	49,03	564	25,90	"
Norwich	52,71	"	24,00	"	Widdrington . .	55,00	"	19,72	"
Ofen	47,50	"	16,04	112	Wien	48,20	451	16,00	114
Orange	44,13	"	28,43	94	Wittenberg . . .	51,87	248	16,00	"
Orford	51,75	"	20,57	"	Würzburg . . .	49,80	525	14,06	141
Padua	45,50	56	34,55	126	Zürich	47,36	1251	32,18	"
Palermo	38,15	"	20,80	"	Zwanenburg . . .	52,50	"	24,35	"
Paramatta . . .	33,80	"	28,10	"					
Paris	48,83	262	17,91 20,80	160					

Digitized by Google

Nach Bromme's „Atlas zu Humboldt's Kosmos“ ersehen wir die Regenmenge für ganze Landschaften mit ihrer Vertheilung nach den Jahreszeiten aus folgender Tabelle.

Landschaften	Jährliche Regenmenge in Zollen	Vertheilung nach den Jahreszeiten in Procenten: Winter	Frühling	Sommer	Herbst
Insel Madeira	28,00	48	17	4	31
Südwestküste der iberischen Halbinsel	29,07	42	29	4	25
Insel Sicilien	22,11	39	25	4	32
Westseite der Apenninen	33,06	27	23	12	38
Ostseite „ „	25,10	26	25	17	32
Südfuß der nördlichen Apenninen	60,02	27	23	13	37
Transpadanische Ebene	24,04	26	24	16	34
Cispadanische Ebene	34,02	21	23	25	31
Südabhang der Alpen	54,03	20	22	26	32
Nordseite „ „	33,11	19	20	35	26
Westabhang „ „	44,03	20	24	16	40
Rhonethal nördlich von 44° N. B.	33,02	20	23	20	37
Südliches Frankreich	22.10	25	23	13	39
Westliches „	23,11	26	21	22	31
Nordfrankreich und Belgien	21,10	21	24	29	26
Mittleres Rheinthal	24,05	19	24	31	26
Südliches Deutschland	25,00	18	21	37	24
Ungarische Ebene	16,00	19	25	26	30
Mittel- und Norddeutschland	19,11	20	23	37	20
Niederlande	25,06	20	18	30	32
Britische Inseln, ebenes Land	23,00	23	20	27	30
„ „ Bergland	38,10	26	19	25	30
Südliches Skandinavien und westliches Rußland	20,02	19	17	33	31
Westküste von Skandinavien	77,07	26	18	21	35

Die mittlere Regenmenge in Europa zwischen 36° und 60° N. B. beträgt hiernach 32 Zoll. Die größte jährliche Regenmenge zeigt Coimbra in Portugal im Mittel 111,54 Zoll, und die kleinste Madrid mit 9,5 Zoll.

Die mittlere Regenmenge in den Vereinigten Staaten von Nordamerika östlich der Alleghanis zwischen 24° 30′ und 41° N. B. beträgt 38 Zoll. —

In Deutschland selbst und den zunächst angrenzenden Gegenden zeigen sich wie bereits erwähnt in Ansehung der jährlich fallenden Regenmenge viele Verschiedenheiten; selbst unter derselben Breite ist die Regenmenge in einzelnen Gegenden zuweilen um die Hälfte und selbst um das Doppelte größer als in andern. Die Gegenden Deutschlands lassen sich in dieser Beziehung in drei Abtheilungen bringen: in Gegenden mit einer geringen jährlichen Regenmenge, welche im Mittel jährlich weniger als 20 Zoll beträgt; in solche von einer mittleren Regenmenge von 20 bis 30 Zoll, und in solche mit einer großen Regenmenge, welche jährlich selbst über 30 Zoll steigt.

1. Gegenden mit geringer Regenmenge sind: Berlin, Coblenz, Erfurt, Ofen, Weißenberg, Prag, Sagan, Wien.
2. Gegenden mit mittlerer Regenmenge: Breslau,

Digitized by Google

Carlsruhe, Cuxhaven, Giengen, Göttingen, Heidelberg, Lüneburg, Mannheim, Mühlhauſen, Regensburg, Salzuffeln, Straßburg, Stuttgart, Trier, Tübingen, Ulm.

3. Gegenden mit großer Regenmenge: Augsburg, Freudenſtadt im Schwarzwald, Genkingen auf der ſchwäbiſchen Alp, Tegernſee, Tolmezzo, Trient, Trieſt, Verona, Vicenza.

Es ergibt ſich aus dieſer Zuſammenſtellung, daß die Regenmenge vorzüglich in den öſtlichen und tiefer liegenden Gegenden Deutſchlands geringer, daß ſie hingegen in den höhern an Wäldern reichern Gegenden um das Doppelte größer iſt und in mehreren Gegenden ſelbſt über 30 und 40 Zoll anſteigt. Zieht man aus den genannten Beobachtungspunkten das Mittel, ſo erhalten wir als mittlere jährliche Regenmenge für Deutſchland 26,5 par. Zoll; für die im innern Deutſchland angeſtellten Beobachtungen ergibt ſich die mittlere Regenmenge zu 27 Zoll.

Wie ſchon früher bemerkt, hat es ſich bei allen Beobachtungen ergeben, daß die an der Oberfläche des Bodens ſtehenden Regenmeſſer mehr Waſſer aufnehmen als diejenigen, welche ſich in einer gewiſſen Höhe befinden. Nennt man die in dem höhern Regenmeſſer geſammelte Waſſermaſſe 1, ſo ſtehen die von dem niedrigen Inſtrument aufgenommenen zu dem erſteren in folgenden Verhältniſſen:

in Paris bei einem Höhenunterſchied von					23m0	wie 1,13
„ Kopenhagen	„	„	„	„	32	— 1,27
„ Mancheſter	„	„	„	„	25	— 1,60
„ York	„	„	„	„	14	— 1,01

Dieſe Verhältniſſe ändern ſich übrigens mit den Jahreszeiten; ſie könnten, zumal wenn ſie ſchlecht erklärt würden, zu dem Glauben führen, daß die Regenmenge in höhern Gegenden geringer ſei als in Ebenen, und doch iſt das nicht der Fall. Alle bekannten Beobachtungen führen im Gegentheil, einige Ausnahmen abgerechnet, zu der Ueberzeugung, daß die jährlich fallende Waſſermenge mit der Höhe der Orte zunimmt, was folgende Daten beweiſen. Auf dem St. Bernhard hat man einen jährlichen Niederſchlag von 1m5129, während derſelbe in den am Fuße dieſes Berges gelegenen Städten nach langjährigen Beobachtungen folgende Zahlen ergab: Mailand 0m9665, Bern 1m1387 und Genf 0m7527.

Dieſelbe Zunahme bemerkt man, wenn man in den Thälern großer Flüſſe hinaufgeht. Im Donauthale iſt der jährliche Niederſchlag bei Ofen 16,04; Wien 16,00; Regensburg 21,07; Ulm 25,15; Genkingen 35,56 Zoll; im Pothale: Venedig 29,90; Padua 34,55; Mailand 36,50; im Rheinthal: Middelburg 25,40; Hagenau 25,05; Straßburg 25,57; Zürich 32,18; Bern 43,30.

Die Zunahme der jährlichen Regenmenge nach Maßgabe, als man ſich den Gebirgen nähert, iſt durch eine große Anzahl von Beobachtungen feſtgeſtellt worden. In St. Rambert (Aindepart.) fällt auf die erſten Stufen der Gebirge jährlich ein Niederſchlag von 1m590; zu Monciat (Saône und Loire), einen Kilometer von dem Gebirge entfernt, reducirt ſich derſelbe auf 1m450; in Bourg (Ain) zehn Kilometer weiter entfernt, beträgt dieſer Niederſchlag nur 1m250; in Macon, noch weiter davon, nur 0m840, und zu Oullins (Rhone) an den Ufern der Iſère nur 0m800. Miller machte in Cumberland öſtlich von den Gebirgen ähnliche Beobachtungen; er fand, daß im Jahre 1845 in Whitehaven 1m244, in Gotesgoth 3m148 und in Seathwaite endlich 3m866 Regen fiel. An dem letztern Orte beobachtete man bloß in den beiden Monaten November und December eine Regenmenge von 1m167. —

Aus allem Vorhergehenden erſieht man, wie nothwendig es iſt, die pluviometriſchen Beobachtungen zu vervielfältigen, um Reſultate zu erhalten, welche ſich der geſammten Waſſermaſſe nähern, die in ein Becken niederfällt, denn es variirt dieſe Quantität, veranlaßt durch eine Menge Zufälligkeiten, von einer Zahl zur andern, weßhalb wir auch von ein und derſelben Gegend oft die verſchiedenſten Angaben beſitzen.

Schließlich noch die Bemerkung, daß es für die Entwäſſerungsarbeiten von großer Wichtigkeit iſt, zu wiſſen, welche Waſſermenge während eines Tages und weniger aufeinander folgender Tage niederfällt. Sie variirt zwiſchen einer kaum wahrnehmbaren Schicht und wahrhaft außerordentlichen Höhen. Ohne von den Regenſtürmen der Tropenländer noch von dem zu Genua im Jahre 1822 beobachteten gewaltigen Platzregen zu reden, bei welchem letzteren ſich ein Niederſchlag von 0m82 ergab, hat man am 9. Auguſt 1807 zu Joyeuſe 0m25 und am 9. Oktober 1827 in 22 Stunden 0m791 Regen fallen ſehen. In Marſeille beobachtete man bei einem Gewitterregen einen Niederſchlag von 0m325, zu Trabes im Jahre 1772 während 24 Stunden 0m190,

Digitized by Google

und in Pau endlich während eines zwei und ein halbstündigen Regens eine Wasserschicht von 0m048.

Bei großen Arbeiten ist es, außer mit ungeheuren Kosten, sehr schwierig, sich gegen solche ausnahmsweise Ereignisse sicher zu stellen. Die Personen, welche pluviometrische Beobachtungen machen, müssen sorgfältig die bei starken Regengüssen gefallenen Wasserhöhen notiren, damit man die nöthigen Vorrichtungen treffen könne, sich vor den schädlichen Wirkungen der Niederschläge zu verwahren. —

Verhältniß, nach welchem sich das Regenwasser in die verschiedenen Becken in Bezug auf Ausdünstung, Einsickerung in den Boden und Abfluß von der Oberfläche vertheilt. — Das auf die Oberfläche des Bodens fallende Regenwasser vertheilt sich auf dreierlei Art, und zwar wird ein Theil desselben durch die Ausdünstung oder die Vegetazion absorbirt; der zweite dringt durch Einsickerung mehr oder minder tief in die Erde ein und bildet manchmal über undurchdringlichen Schichten Wasserflächen, welche die weiter entfernt und niedriger gelegenen Quellen speisen; der dritte Theil endlich fließt in verschiedenen Rinnen über die Oberfläche und verbindet sich in kurzer Zeit mit den Bächen, die sich in die Moräste ergießen.

Begreiflich ist es für den uns vorliegenden Gegenstand von der größten Wichtigkeit, das Verhältniß kennen zu lernen, nach welchem der Niederschlag sich auf die erwähnte dreierlei Art vertheilt. Leider ist es unmöglich, für diesen Zweck allgemeine und genaue Daten zu erlangen, und man ist für jeden besondern Fall verpflichtet, auf die verschiedenen lokalen Verhältnisse zu achten, um die Berechnung dieser Vertheilung nach denselben aufzustellen.

Die Beschaffenheit der Bodenoberfläche und die geologische Komposizion seiner obern Schichten sind augenscheinlich die wichtigsten Elemente bei dieser Berechnung. Auf einem bewaldeten und mit Kräutern bedeckten Boden ist die Einsickerung gewöhnlich bedeutend, weil das von dem Winde und der Sonne geschützte und von den Pflanzen, in welche es eingedrungen, zurückgehaltene Wasser sich nicht verdünsten und auch nicht leicht über die Oberfläche ablaufen kann. Auf einem nackten Terrain dagegen wird unter übrigens gleichen Umständen die Einsickerung verhältnißmäßig wenig bedeutend sein, und der größte Theil der Flüssigkeit wird nach dem Thalweg der Bäche abfließen, oder es verschwindet durch die Ausdünstung, welche durch die Wirkung der Sonne und der Winde begünstigt wird. Zwischen diesen beiden entgegengesetzten Fällen einer mit Kräutern bedeckten Fläche mit überwiegender Einsickerung und einer dürren und undurchdringlichen Oberfläche, wo diese beinahe Null ist, liegen natürlich eine Menge anderer Zustände, welche bis ins Unendliche die Verhältnisse der durch Abfluß, Einsickerung oder Ausdünstung absorbirten Wassermenge verschieden gestalten. Die Beschaffenheit der Oberfläche ist aber nicht das einzige Element der Frage, die Beschaffenheit des Bodens und des Unterbodens, seine größere oder geringere Durchdringlichkeit üben ebenfalls einen hauptsächlichen Einfluß auf den Abfluß des Wassers aus. Es ist also unmöglich, voraus und mit einer allgemeinen Regel das Verhältniß der gefallenen, verdunsteten und eingesickerten Wassermenge zu bestimmen, denn es variirt von einem Ort zum andern und kann nur für jeden einzelnen Fall durch eine lange Reihe von Beobachtungen ermittelt werden. Die folgenden Resultate bestätigen die Verschiedenheiten, die in dieser Beziehung existiren.

Prony nimmt an, daß in der Niederung der pontinischen Sümpfe die jährliche durch Ausdünstung sich verlierende Wassermasse 0m091 des Niederschlages beträgt. Der Durchschnitt vieler jährlichen Beobachtungen gibt 0m805 als die Höhe des jährlichen Niederschlages, und Prony bestimmte danach, daß die in den Kanälen abfließende Wassermasse eine Höhe von 0,724 habe. Die in Rom unter demselben Klima gemachten Beobachtungen ergeben aber 2m362 als die außer dem Einfluß der Sonnenwirkung in einem Jahre verdunstete Wasserschicht. Um die Verschiedenheit dieser Zahlen zu rechtfertigen, welche willkührlich angegeben zu sein scheinen, bemerkt Prony, daß die aus den Beobachtungen hervorgegangene Verdünstung viel beträchtlicher sein müsse als die wirkliche Verdünstung auf niedrigen im Schatten gelegenen und vor Winden geschützten Ländereien, daß die der Ausdünstung ausgesetzte Fläche der Moräste anstatt konstant zu sein wie bei den Beobachtungen, sehr veränderlich ist, und daß sie ihr Minimum erreicht hat, wenn die die Verdünstung hervorbringende Ursache auf ihrem Maximum steht, und umgekehrt. Dieses Verhältniß,

Digitized by Google

das nach verschiedenen Vergleichungen aufgestellt ist, welche auf zu viel Einzelnheiten sich stützen, als daß sie hier berührt werden könnten, braucht übrigens nach Prony's Meinung nicht so gar streng ermittelt zu werden, denn der Zweck dieser Ermittlung ist, ein Berechnungselement zu erhalten, nach welchem man, so zu sagen, die Bilanz zwischen der Einnahme und Ausgabe in jener Zeit aufstellt, in welcher die Austrocknung bewirkt wird, und in welcher das in regelmäßigen Kanälen fließende Wasser nicht mehr auf den Ländereien stagnirt, wenn dieses Kanalsystem der Art hergestellt wird, daß es dasjenige Wasser abführt, welches das ganze Becken jährlich aufnimmt, wovon nur jenes abzurechnen ist, was durch Einsickerung oder Verdünstung verloren geht. Diese Betrachtung vereinfacht das Problem bedeutend, und selbst ein Fehler in seiner Auflösung hat von diesem Gesichtspunkt aus betrachtet keine andern Folgen als eine geringe Vermehrung der Kapacität der Kanäle.

In dem ersten Abschnitt dieser Abhandlung wurden bereits einige Bemerkungen über diesen Gegenstand gegeben, welche in dem dritten der Bewässerung gewidmeten Abschnitte ihre Vervollständigung erhalten werden.

Die Einsaugung des Wassers von der Erde übt auf den uns beschäftigenden Gegenstand einen viel größern Einfluß aus als die Verdünstung. Man hat hierüber keine positiven Resultate und muß sich deshalb durch mehr oder weniger annähernde Analogien leiten lassen. Prony nimmt in seinem Entwurf zur Entwässerung der pontinischen Sümpfe an, daß das von dem Boden dieses Morastbeckens eingesogene Wasser ein Drittel des Niederschlages ist und daß sich diese Wasserquantität auf die Hälfte in dem Morastbecken von Arles erhebt; ein Verhältniß, das natürlich mit der Höhe des Niederschlages variirt.

Vergleicht man die gesammte Abflußmenge der Seine zu dem Volumen des jährlichen Niederschlages in dem Becken dieses Flusses und seiner Nebenflüsse, so erhält man ein Verhältniß von $^2/_7$, so daß $^5/_7$ des gefallenen Wassers durch Einsaugung oder Verdünstung konsumirt werden. — Die jährliche Abflußmenge der Rhone beträgt 54236 Millionen Kubikmeter oder 1718 Kubikmeter pro Sekunde; die totale Oberfläche des Hauptbeckens und der Nebenflüsse dieses Stromes beläuft sich auf 927 Quadratmyriameter. Die durchschnittliche Abflußmenge ist beiläufig gleich 0,58 des auf dieser Fläche sich ergebenden Niederschlages. Dieses Verhältniß hat sich für das Becken des Sees Grandlieu an der untern Loire auf $^4/_7$ herausgestellt, so daß, wenn die Stärke des Niederschlages während eines Regensturmes in dieser Gegend 0^m04 in 24 Stunden beträgt, eine eingesaugte Schicht von 0^m023 und eine andere Schicht von 0^m017 sich darstellt, welche allein über den Boden fließt. Diese Verhältnisse hängen jedoch lediglich von der Beschaffenheit des Bodens und seines Gefälles ab, und es läßt sich nicht genug wiederholen, daß diese Ziffern durchaus keine absoluten Daten angeben. In einem Theile von Frankreich kann dies Verhältniß wie $^4/_7$ bis $^5/_7$ angenommen werden. —

Jährliche Wassermenge der Quellen und der Wasserläufe bei ihrem niedrigsten und bei ihrem höchsten Wasserstande, Bestimmung des Wasservolums, das an einem Regentage die gewöhnlich trocknen Bachbetten liefern können. — Die Messung der Quellen und permanenten Wasserläufe läßt sich durch die in der Hydraulik bekannten Methoden leicht bewerkstelligen, indem man bei den kleinsten Wasserläufen eine Stauung bildet, bei größeren aber den Woltmann'schen Flügel anwendet, oder durch Schwimmer die Stromgeschwindigkeit mißt. Die Berechnung des Wasserquantums aber, welches nach einem Regentage in den gewöhnlich ausgetrockneten Wildbächen fließt, ist mit mehr Schwierigkeit verbunden, und folgendergestalt gelangt man dazu, diese Berechnung annähernd zu erhalten.

Bezeichnen wir mit a die Oberfläche des Beckens, mit h die Stärke der Regenschichte, die in einem Tage auf die Oberfläche dieses Beckens fallen kann, und es sei $\frac{1}{n}$ der Einsaugungskoefficient oder das Verhältniß des durch Einsickerung verloren gegangenen Regenwassers. Es sei endlich t die Zeit in Sekunden, die das über den Boden laufende Wasser gebraucht, um sich in solchen Massen zu sammeln, daß daraus schädliche Wirkungen entstehen können. Es ist augenscheinlich, daß $\frac{n-1}{n}$ a h das pro Tag ablaufende und $\frac{n-1}{nt}$ a h das Wasserquantum sein wird, das pro Sekunde durch den Emmissär abfließen müßte, dessen Querschnitt, um dieser Bedingung zu genügen, dann

Digitized by Google

leicht zu berechnen wäre. Es sollte naturgemäß erscheinen für h den Werth der beobachteten größten Wassermenge anzunehmen; doch ist dieses Maximum beinahe immer außerordentlich groß im Verhältniß zum Mittel der Maxima der stärksten Regengüsse und würde zu außerordentlichen kostspieligen Dimensionen der Kanäle führen, welche bloß für einen Ausnahmsfall in einer Reihe von mehreren Jahren einen Nutzen gewährten. Es haben sich daher auch alle diejenigen, welche über diesen Gegenstand geschrieben, dahin geeinigt, h als den mittlern Werth der Maxima anzunehmen. So nahm Prony bei den pontinischen Sümpfen, obgleich nach den gemachten Beobachtungen ein am 6. April 1797 in Rom gefallener Regen eine Wasserhöhe von 0m126 ergab, bei seinem Entwässerungsentwurf für h die Höhe von 0m06 an. Bei den Sümpfen von Arles bestimmte derselbe Ingenieur die Höhe von 0m09 für h, obgleich in Marseille am 15. September 1772 in 14 Stunden ein Niederschlag von 0m325 und in Arles am 4. Oktober 1806 binnen 12 Stunden ein anderer von 0m193 Stärke erfolgt war. In den Entwässerungsprojekten des Sees von Grandlieu im untern Loiredepartement wurde h = 0m04 gesetzt, obgleich ein Platzregen in Nantes einen Niederschlag von 0m217 und in Vatou von 0m338 veranlaßte.

Die Größe t verändert sich mit der Bildung des Bodens, seines geringern oder stärkern Gefälles, seiner mehr oder minder ebenen Oberflächen. Bei den pontinischen Sümpfen wurde sie auf 212,000 Sekunden, bei den Sümpfen von Arles auf 691,200 und bei dem See Grandlieu auf 680,400 geschätzt.

Die Größe $\frac{1}{n}$ endlich hängt von dem mehr oder minder einsaugenden Boden ab, und selbst ändert sie sich bei einem Terrain je nach seiner Trockenheit, seiner Kultur und nach der Temperatur, den das Terrain an jedem Regentage hat. Um sich indeß bei den oben angeführten Beispielen an eine Zahl zu halten, hat man für $\frac{1}{n}$ die Werthe $^1/_3$, $^1/_2$ und $^2/_3$ angenommen.

Es erscheint wohl die Annahme sehr wichtig, daß in zwei Becken, deren Abhänge so ziemlich dieselben sind, die Zahlen der Sekunden, welche zur Auffammlung des Wassers erforderlich wären, im umgekehrten Verhältnisse der über den Boden fließenden Wasserhöhen ständen und der Länge des hauptsächlichsten Wasserlaufes im Bassin proporzional seien, so daß man, wenn man mit t' a' h' und n' analoge Größen zu t a h n und mit l und l' die Längen der größten Wasserläufe der Becken bezeichnet, haben würde:

$$\frac{t}{t'} = \frac{l}{l'} \frac{\frac{n'-t}{n'} a' h'}{\frac{n-t}{n} a h},$$

eine Gleichung, woraus man t' ableiten könnte, wenn alle andern Größen bestimmt wären. Wenn die Abhänge der Becken merklich verschieden wären, so würde diese Formel nicht mehr anwendbar sein und man müßte sie durch eine andere für unsern Zweck zu komplicirte ersetzen.

Nachdem wir nun die Größe des Beckens, die Wasserhöhe, welche jährlich oder während eines Regentages auf dasselbe fällt, dann das Verhältniß des von dem Boden eingesaugten oder durch Verdünstung entschwundenen Wassers, und endlich das Volumen der Quellen und der unversiegbaren Gewässer oder anderer darin einmündenden betrachtet haben, sind wir im Besitz aller nothwendigen Elemente zur Abfassung der Entwürfe zu den Entwässerungen, mit denen wir uns jetzt beschäftigen werden.

Entwässerungsarbeiten.

Umfangskanäle. — Wenn es sich um einen Moraft handelt, den man nur mit Maschinen entwässern kann, so ist es augenscheinlich nothwendig, den Anfang damit zu machen, das von außerhalb zufließende Wasser von der Moraftfläche abzuleiten, das sonst beständig sich darin ergießen würde und nur mit großen Kosten wieder herausgeschafft werden könnte. In andern Fällen könnte diese Nothwendigkeit minder dringend erscheinen, weil der Abfluß dieser Gewässer an demselben Punkte stattfinden könnte, von dem die des Moraftes selbst abziehen; indessen gibt es mehrere Gründe, welche es erheischen, daß man die äußern Zuflüsse in Umfangskanäle leitet, die außer dem Bereiche des Moraftes liegen.

Die erste Ursache der Entstehung von Moräften ist in der Regel die durch das geringe Gefälle des Bodens entstehende Verhinderung des Wasserabflusses; wollte man, daß die Kanäle, welche dasselbe abführen sollen, die gesammte Wassermasse aufnehmen, so würde man sie denselben Ursachen aussetzen, welche den Zustand hervorbrachten, den man beseitigen will. Nun haben

Digitized by Google

aber die äußern Becken viel bedeutendere Gefälle als der Sumpf ſelbſt; die in ihm einmündenden Zuflüſſe verlieren alſo beträchtlich an ihrer Geſchwindigkeit, ſetzen die Sedimente ab, die ſie mit ſich führen und verurſachen folglich Aufhöhungen, die den normalen Zuſtand, den man erzwecken will, beirren.

Um die Anſchwellungen dieſer Zuflüſſe zu verhindern, auf die der Kultur übergebenen Ländereien auszutreten, müßte man ſie in Verdämmungen einſchließen, die oft eine große Höhe erheiſchten und eben dadurch der regelmäßigen Anlage der eigentlichen Entwäſſerungskanäle zum Hinderniſſe würden, oder man müßte ſie ſehr breit und tief anlegen, ſo daß ſie einer öftern Reinigung bedürften und ihre Anlagen ſehr viel Koſten verurſachten.

Sammelt man auf der andern Seite die äußern Gewäſſer in Umfangskanälen, deren Niveau man alſo immer über der Oberfläche des Sumpfes erhalten kann, ſo hat man ein ſicheres Mittel, damit die neuen Ländereien zu bewäſſern, was oft nothwendig wird, um das z. B. dem Meere abgewonnene Land zu entſalzen oder um dem Boden eine Fruchtbarkeit mitzutheilen, die er ohne dieſes außerordentliche Befruchtungsmittel nicht beſitzen würde. Die Bewäſſerung iſt in vielen Fällen mit einem Worte die nothwendige Ergänzung einer Entwäſſerung, und es müſſen daher vom Anfange an zweckmäßige Maßregeln ergriffen werden, damit dieſer doppelte Zweck vollſtändig erreicht werde.

Wie auch, kurz geſagt, die Beſchaffenheit der trocken zu legenden Sümpfe und die ferner für dieſe Operazion anzuwendenden Verfahrungsweiſen ſein mögen, ſo iſt es mit Ausnahme von ganz ſpeciellen Fällen ſtets erforderlich alles in den Sumpf abfließende Waſſer in den Umfangskanälen zurückzuhalten, deren Anlage von der Beſchaffenheit des Terrains abhängt. Bei der Wahl ihrer Richtungen hat man ſtets auf die Benutzung vorhandener Waſſerläufe Rückſicht zu nehmen, um die Koſten ſo viel als möglich zu vermindern, dabei aber die gute Ausführung der Arbeiten zu ſichern. Nach der Richtung dieſer Kanäle beſtimmt ſich im Allgemeinen ihr Längenprofil, das ein möglichſt ſtarkes Gefälle haben muß, um Verlandungen zu verhüten, ohne daß indeß die zur Erhaltung der Werke nothwendigen Grenzen und die für die Bewäſſerung oder andere Zwecke erforderlichen Niveaux überſchritten werden. Sind die Gefälle und die Richtung nach vorſtehenden Andeutungen beſtimmt, ſo iſt die Berechnung des Querſchnittes nicht ſchwer, weil es genügt, in der gewöhnlichen Formel für die Abflußmenge die pro Sekunde unter den ungünſtigſten Umſtänden abzuleitenden Waſſermengen einzuführen. Dieſes Waſſervolum zerfällt in zwei andere, das der Quellen und permanenten Zuflüſſe, welches durch die Erfahrung beſtimmt iſt und von uns mit p bezeichnet wird, und das der Regengüſſe, welches über den Boden fließt und, wie wir vorher geſehen haben, gleich iſt $\frac{n-1}{n\,t}\,a\,h = q$. Wenn man zur Abkürzung $p + q = Q$ ſetzt, ſo hat man zur Beſtimmung des Kanalquerſchnittes an einem Punkt, wo ſein Gefälle I pro Meter beträgt, die Gleichungen:

$$Q = \omega\, u$$

$$\frac{\omega}{\chi} I = A\,u + b\,u^2$$

in welchen

u die mittlere Waſſergeſchwindigkeit pro Sekunde,
ω der Kanalquerſchnitt,
χ der benetzte Umfang,
$a = 0{,}000024$,
$b = 0{,}000366$.

Die Größe χ hängt von der Form des angenommenen Querſchnittes ab und kann in jedem vorkommenden Falle ohne Schwierigkeit beſtimmt werden, ſo daß dieſe Gleichungen alle zur Löſung des Problems erforderlichen Elemente enthalten.

Die für den Durchſchnitt des Kanals gewöhnlich angenommene Form iſt ein Trapez, deſſen parallele Baſen horizontal ſind und deſſen Seiten eine Neigung haben, welche von der mehr oder minder feſten Beſchaffenheit der Erde abhängt, in welcher die Kanäle gezogen werden. Dieſe Neigung oder Böſchung iſt gewöhnlich ein bis dreifüßig, d. h. 1 bis 3 Anlage zur Höhe 1.

Beſteht ein großer Unterſchied zwiſchen der Waſſermenge beim niedrigſten Waſſerſtande und der Waſſermenge beim Hochwaſſer oder bei zufälligen Platzregen, ſo erweitert man, da es von Intereſſe iſt, das Waſſer beim niedrigen Stande in einem Bette ſo zuſammenzuhalten, daß es einen leichten Abzug habe, bloß den obern Theil des Querſchnittes von dem Kanal, welcher das Waſſer beim niedrigen Stande faßt, ſo daß derſelbe die Geſtalt zweier übereinanderſtehender Trapeze erhält und die untere Baſis des obern Trapezes zwei Banquets bildet, die in die Böſchungen ein-

Digitized by Google

schneiden. Der untere Theil des Kanals dient dann für den niedrigen, der obere für den hohen Wasserstand.

Da man übrigens den Flutraum nur für die hohen Wasserstände berechnet, die durch Regengüsse von mittlerer Heftigkeit entstehen, so kann es sich ereignen, daß die Abzugskanäle bei außerordentlichen Regengüssen unzureichend sind. Wenn der dadurch entstehende Uebertritt bei der örtlichen Beschaffenheit nur geringen Schaden verursachen kann, so hat man auf diesen Umstand gar keine Rücksicht zu nehmen. Im entgegengesetzten Falle kann man links und rechts und in einem gewissen Abstande von der Kanalachse Dämme anlegen, die ein neues oberes Bett bilden, in welchem das übertretende Wasser zusammengehalten wird.

Die äußerliche und innere Beschaffenheit der einzuschneidenden Terrains müssen einen großen Einfluß auf die Wahl der Linien für die Kanäle ausüben, und namentlich muß man es sorgfältig vermeiden sie über bebendes Erdreich mit oft tiefem Schlamm, wie man solches häufig in der Nähe der Moräste oder im Anfange derselben findet, oder über schwammiges und preßbares Terrain, in Gestein, das die Anlage sehr kostbar machen würde ꝛc. zu führen. Auf der andern Seite legt die Herstellung richtiger Gefälle neue Bedingungen auf, die mit den vorhergehenden vereinigt werden müssen.

Man kennt die Koten am Anfange und am Ende eines jeden Kanals und folglich den Betrag des Gefälles der Sohle zwischen beiden Punkten. Die Gefälle richten sich nach der Geschwindigkeit, welche man annehmen kann oder will. Zur Zeit des Hochwassers oder der Stürme sind die meisten in die Kanäle strömenden Zuflüsse mit Sedimenten geschwängert, die sie in den Kanälen zum Theil oder ganz absetzen, je nachdem die Geschwindigkeit geringer oder größer ist. Es ist daher von Wichtigkeit, wenn man Anschwemmungen vermeiden will, daß die Geschwindigkeit des Wassers nach seinem Eintritt in die Kanäle auf ihrem ganzen Laufe beständig oder selbst zunehmend bis zum Ausflusse sei. Um diesen Bedingungen zu entsprechen, würde es am kürzesten sein, wenn man die beiden äußersten Punkte der Kanalsohle durch die direkteste, also die gerade Linie verbände, wenn die örtliche Beschaffenheit dies erlaubte; es sind indessen andere Rücksichten vorhanden, wegen welcher die anzunehmende Geschwindigkeit eine gewisse Grenze haben muß. Es ist zu vermeiden, daß die Geschwindigkeit des Wassers an der Kanalsohle so groß werde, daß diese und die Wände dadurch angegriffen würden. Nachstehende Tabelle gibt die äußerste Geschwindigkeit an, die das Wasser in den Kanälen je nach der Beschaffenheit des Bodens erhalten kann, ohne daß sie beschädigt werden.

Beschaffenheit des Bodens	Aeußerste Geschwindigkeiten	
	an der Sohle	im Mittel
	m.	m.
Weicher schwarzer Boden . .	0,076	0,101
Weicher Thonboden . . .	0,152	0,202
Sand	0,305	0,406
Kies	0,609	0,810
Kiesel	0,614	0,817
Steingerölle	1,220	1,623
Zusammengehäufte Kiesel, weicher Schiefer	1,520	2,021
Geschichteter Stein . . .	1,830	2,434
Festes Gestein	3,050	4,060

Man kann hiernach annehmen, daß in den meisten Fällen die Geschwindigkeit auf 0m80 bis 1m0 pro Sekunde begrenzt ist; Schlamm und feiner Sand, die das Wasser mit sich führt, setzen sich aber bei solcher Geschwindigkeit nicht ab, und was die gröberen Stoffe betrifft, so kann man solche Einrichtungen treffen, daß sie sich vor dem Einflusse des Wassers in die Kanäle ablagern. —

Die Arbeiten bei der eigentlichen Entwässerung. — Indem der Umfangskanal alles Wasser aufnimmt, das sich in den Sumpf ergießen würde und es außerhalb desselben abführt, wird die Arbeit des Austrocknens schon bedeutend vermindert, weil jetzt nichts weiteres zu thun ist als das Terrain von dem Regenwasser, das unmittelbar darauf fällt, und von den Quellen zu befreien, die in ihm enthalten sind. Das Verfahren in Bezug auf die letztere Operazion hängt von der Lage des Terrains ab. Liegt die Oberfläche des Sumpfes niedriger als die anstoßenden Gewässer, so muß man mit Schöpfmaschinen arbeiten; findet aber das Gegentheil statt und liegt sie hoch genug, daß das in dem Sumpfe enthaltene Wasser nach auswärts geleitet werden kann, so genügt die zweckmäßige Anlage von Kanälen, um diesen Zweck zu erreichen.

Digitized by Google

I. Die Entwäſſerung durch Abzugskanäle theilt ſich in zwei verſchiedene Arten: in ſolche, wo der Abfluß durch die Kanäle permanent iſt, und in ſolche, wo der Abfluß von Zeit zu Zeit unterbrochen wird, welches letztere bei allen Moräſten ſtattfindet, deren Kanäle in das Meer oder in Flüſſe mit Ebbe und Flut ausmünden,

a. Moräſte mit permanentem Abfluß. — Um den Gewäſſern, welche auf das zu entwäſſernde Land fallen oder in demſelben entſtehen, einen Abzug zu verſchaffen, wird ein Hauptkanal angelegt, der ſeine Richtung nach der Hauptabflußachſe erhält. Mit dieſem Namen bezeichnet man jene tiefſte Linie, in der ſich das auf die ganze Sumpffläche gefallene Regenwaſſer anſammelt und welche ſich durch ein allgemeines Nivellement leicht ermitteln läßt.

Wie bereits erwähnt wurde, muß man es im Allgemeinen zu verhindern ſuchen, daß das perennirende Waſſer in dieſen Kanal gelangt, jedoch iſt es zweckmäßig, ſolche Vorkehrungen zu treffen, daß man bei trockener Jahreszeit einen lebhaften Strom hineinleiten kann, um das ſtagnirende Waſſer mit fortzuführen und eine Erhöhung der Kanalſohle durch Verſandung zu verhüten. Durch Nebenkanäle, welche unter ſich und in Bezug auf den Hauptkanal in ſolchen Abſtänden gelegt ſind, daß das auf irgend einen Punkt des Sumpfes niederfallende Waſſer ſtets einen tiefer gelegenen Recipienten hat, zu welchem es abfließen kann, bevor ſeine Bewegung durch Hinderniſſe beirrt wird, die ſich auf dieſer Fläche entgegenſtellen, wird das Waſſer in den Hauptkanal geleitet. Bei der Ziehung dieſer Gräben hat man kein anderes allgemeines Geſetz zu beobachten als für ein gehöriges Gefälle von ihrem Anfang bis zur Mündung in den Hauptkanal zu ſorgen. Ihre Richtung muß gegen die des Hauptkanals ſo geneigt ſein, daß die Linien des größten Gefälles der Oberflächen, welche an den Hauptthalweg anſtoßen, von mehreren Gräben gleichzeitig geſchnitten werden. Endlich werden noch andere kleinere Abzugsgräben gezogen, die ſich in die Nebenkanäle einmünden und das ganze Syſtem der Entwäſſerung vervollſtändigen.

Die Dimenſionen des Hauptkanales, die in den verſchiedenen Punkten ſeines Zuges a priori zu beſtimmen von Wichtigkeit iſt, werden aus der doppelten Bedingung, einen hinreichenden Abfluß für die größten Regengüſſe, ohne daß eine Ueberſchwemmung erfolgt, um den gewöhnlichen Waſſermengen einen Abfluß zu gewähren, der mit ſolcher Geſchwindigkeit vor ſich gehen kann, daß keine Verſchlämmungen oder ſtagnirenden Waſſer ſtattfinden können, abgeleitet. Wie bei den Umfangskanälen berechnet man die in einer gegebenen Zeit abzuführenden Waſſermengen, das Gefälle der Kanäle und die Geſchwindigkeit des abziehenden Waſſers; der Querſchnitt läßt ſich alſo nach ähnlichen Formeln feſtſtellen, wie die oben angegebenen ſind.

Der Querſchnitt des Hauptkanals muß beinahe immer wie beim Umfangskanal einen untern Theil für den niedrigen und einen obern Theil für den hohen Waſſerſtand, dann eine doppelte Linie von Dämmen an jenen Stellen haben, wo außerordentliche Hochgewäſſer ernſtliche Beſchädigungen verurſachen könnten.

Unter allen Umſtänden iſt es nothwendig längs der Kanäle Einfaſſungskanäle anzulegen, welche den Zweck haben, die von den anſtoßenden Ländereien abfließenden Gewäſſer aufzunehmen, damit ihre Sinkſtoffe niederfallen und ſie rein und klar durch beſondere Oeffnungen in den Hauptkanal abgelaſſen werden können.

Wenn die zweckmäßigſte Linie des Kanals eine geringere Länge hat als diejenige iſt, welche zur Herſtellung des Gefälles erforderlich iſt, ſo vermindert man das durch dieſe Verkürzung der Linie entſtandene größere Gefälle durch einen oder mehrere Ueberfälle an beliebigen Stellen, trägt aber Sorge, daß dieſe nicht zu bedeutend werden und nicht zu nahe aneinander liegen, um auf der einen Seite die Beſchädigungen, die durch den Fall einer großen Waſſermaſſe entſtehen, und anderſeits den Angriff der Gefälle zu vermeiden, welche die Niveauunterſchiede der Hochgewäſſer in den zu kurzen Kanalſtrecken veranlaſſen. —

Die unter gewöhnlichen Verhältniſſen ausgeführten Austrocknungen machen beſonders Erdarbeiten erforderlich, keineswegs aber Kunſtbauten von beſonderer Art, oder ſolche, welche außerordentliche Schwierigkeiten mit ſich führen. Wenn die Kanäle ſchiffbar ſind, ſo müſſen ſie mit Schleuſen verſehen ſein; dienen ſie aber nur als Ableitungskanäle für die Austrocknung, ſo ſind Schützen oder Ueberfälle zur Minderung der zu ſtarken Gefälle die einzigen Anlagen beſonderer Art, die erforderlich ſind. Die über die Kanäle zu legenden Brücken und Fußſteige zur Herſtellung eines ungehinderten Verkehres unterſcheiden ſich von den übrigen Werken dieſer Art durch nichts. —

Digitized by Google

Viele Moräste derjenigen Klasse, mit der wir uns beschäftigen, entstehen durch Wehre, die für den Betrieb von Mühlen, Fabriken ꝛc. an den Flüssen angelegt wurden. Kann man das Niveau der Haltung, welche die Ursache der mehr oder minder permanenten Ueberschwemmung ist, nicht tiefer legen, so kann man sich des Wassers nicht anders entledigen als durch eine wirkliche Auswässerungsoperazion. Die Arbeiten sind oft zu kostspielig als daß man sie mit Vortheil ausführen könnte; unter gewissen Umständen aber, wenn die Beschaffenheit des Bodens es gestattet, kann man durch einfache Arbeiten das schädliche Wasser fortschaffen und zwar durch Anlage eines Grabens, parallel mit der Haltung und in gewisser Entfernung von ihr, dessen Erde dann zur Bildung eines Schutzdeiches dient. Dieser Graben wird durch einen Heberdurchlaß im Mühlendamm oder auf sonstige Art mit der untern Haltung in Verbindung gesetzt. Ist das Erdreich wenig durchdringlich, so gelingt diese Arbeit sehr gut, und man kann oft mit einer geringen Ausgabe einen großen Flächenraum trocken legen.

Unter den uns bekannt gewordenen Moräſten dieser Art nennen wir den von Baux im Departement der Rhonemündungen, der einen Flächenraum von 1825 Hectaren hatte, wovon 313 Teiche, 962 schlammiger Moraſt, das übrige Sumpfwiesen waren. Die örtliche Beschaffenheit gestattete nicht die Anlage eines Umfangskanals, und folglich mußte der Hauptkanal alles auf den Sumpf strömende Wasser aufnehmen. Er steht in Verbindung mit den Teichen und mündet in die zweite Haltung des Kanals von Arles nach Bouc aus; seine Breite beträgt 7m0 an der Sohle, und die durch ihn abgeführte Wassermenge beläuft sich auf 17 bis 18 Kubikmeter pro Sekunde. Durch Seitenkanäle und kleinere Abzugsgräben wurde die Entwässerung vollendet. Man hat berechnet, daß der Sumpf bei starken Regengüssen einen Zufluß von 50 Kubikmeter pro Sekunde haben kann, welche außerordentliche Wassermenge sich in zwei großen Teichen sammelt, die nicht ausgetrocknet werden, und deren kubischer Inhalt mehr als 4 Millionen Kubikmeter beträgt, welcher nach und nach durch den Hauptkanal abfließt. Die Gesammtkosten für die Austrocknung betrugen mit Einschluß der Beaufsichtigung der Arbeiten 1208772 Fr. Der Mehrwerth des fruchtbar gemachten Landes beläuft sich auf 1559700 Fr.

Eine andere durch permanenten Abfluß bewirkte Entwässerung ist der Teich von Montady, dessen Situazionsplan auf Seite 451 angegeben ist.

b. Moräste mit nicht permanentem Abfluß. — Wenn die Oberfläche eines zu entwässernden Sumpfes nicht merklich höher über dem Niveau der Flut an jenem Punkt, wo der Entwässerungskanal ausmündet, liegt, so kann der Abfluß des Sumpfwassers kein beständiger sein und die Operazion wird eine schwierigere als die im Obigen angegebene.

Ein zu entwässernder Sumpf, dessen Niveau unter dem Flutwasserstande und über dem Stande der Ebbe liegt, muß vor allen Dingen mit einem Deiche umgeben werden, der ihn vor dem periodischen Ueberfluten des Wassers schützt. Diese Deiche sind mit denen, von welchen später die Rede sein wird, von gleicher Beschaffenheit. Die Abzugskanäle aber haben einige Eigenthümlichkeiten, welche wir hier nebst der Bestimmung ihres räumlichen Inhaltes und ihres Querschnittes angeben wollen.

Die Entwässerungskanäle, deren Niveau zwischen der Flut und der Ebbe liegt, müssen natürlich an dem Punkte, wo sie ausmünden, den Umfangsdeich des Sumpfes durchschneiden und sich dort mit Werken abschließen, deren Thüren sich von innen nach außen öffnen, um dem Sumpfwasser während des Ebbestandes Abfluß zu verschaffen und um den Eintritt des Außenwassers zu verhüten. Die Konstrukzion dieser Werke richtet sich nach der Wichtigkeit des Emissairs, von den Schleusenthoren der größten Dimensionen an bis zu den Schützen oder Klappen von wenigen Decimetern Querschnitt. Die gewöhnlichen Klappen sind einfache Bretter mit Eisenbeschlägen, die sich um ein an ihrem obern Theile befindliches Charnier drehen. Sie schließen gewöhnlich die stromabwärtige Oeffnung des durch den Deich gehenden Kanals und öffnen sich durch den Druck des innern Wasserstandes, sobald dieser höher steht als das Außenwasser, schließen sich dagegen, sobald ein umgekehrtes Verhältniß stattfindet, und legen sich gegen den sie tragenden Rahm. Diese Klappen sind also selbstwirkend, zerbrechen aber leicht, und schließen manchmal nicht genau, wenn sich fremde Körper dazwischen gelegt haben.

Man zieht daher bei einiger Bedeutung des Abzugkanals Schützen mit Wellen oder Zahnstangen vor, die denen ähnlich sind, welche im dritten Abschnitte werden beschrieben werden und von verantwortlichen

Digitized by Google

Aufsehern zur rechten Zeit gehoben oder niedergelassen werden müssen. Was die Flutthore betrifft, so weichen sie von denen der gewöhnlichen Kanäle nicht ab, doch können sie nur erfahrnen Arbeitern anvertraut werden.

Die Abzugskanäle dieser Art können ihr Wasser nur ablassen in der Zeit, wo ihr Niveau höher steht als das Außenwasser. Das erste Erforderniß ist, Tabellen anzufertigen oder vielmehr Kurven zu verzeichnen, welche genau die verschiedenen äußeren Wasserstände für jede Zeit einer gewissen Tiede*) angeben. Diese Tabellen oder Kurven sind das Resultat wiederholter Beobachtungen und sehr genauer Berechnungen und geben die Zeiten, bei welchen die Thore, Schützen oder Klappen täglich geöffnet bleiben können, so wie die aufeinander folgenden Niveauveränderungen an, welche sich zwischen dem Wasserstand des Entwässerungskanals und dem Außenwasser ergeben. Man ist dann im Besitze der Elemente, die zur ziemlich genauen Bestimmung des Wasservolumens erforderlich sind, das während jeder Tiede durch eine bestimmte Oeffnung abfließt. Diese Wassermenge muß derjenigen gleich sein, welche sich in der zusammengenommenen Zeit der Oeffnung und der Schließung der Durchlässe in dem Sumpf gesammelt hat, die man dann folglich danach berechnen kann.

Die Durchlaßöffnung der Abzugskanäle ist nicht das einzige, was bei der Anlage dieser zu berücksichtigen ist, denn nicht allein, daß sie während der Oeffnung der Durchlässe die ganze sich angesammelte Wassermenge abführen müssen, sondern der Raum für die letzten Spannungen muß der Art sein, daß das Wasser während der Schließung der Durchlässe darin Platz findet und nicht auf die benachbarten Grundstücke übertritt. Oft ist man genöthigt, an den Ausgang des Kanals ein besonderes Bassin anzulegen, um diese Bedingung erfüllen zu können; das Wasser sammelt sich dann in diesem Bassin und strömt während der Ebbezeit daraus ab. Bei der Anlage dieser Reservebassins lassen sich die Durchlaßöffnungen bis zu einer gewissen Grenze reduciren, weil sie ein Mittel abgeben, das angesammelte Wasser, dessen man sich miteinander entledigen müßte, in verschiedenen Tieden abzulassen. Der räumliche Inhalt dieser Regulatorbassins, wenn man sie so nennen darf, läßt sich in jedem besondern Fall bestimmen, wenn man die Wassermenge kennt, die sie in manchen Fällen aufzunehmen haben.

Die Sümpfe, deren Oberfläche zwischen dem Niveau der Flut- und Ebbewasserstände liegt, sind in manchen am Meere gelegenen Ländern die zahlreichsten und wichtigsten und nehmen oft große Flächen ein. In Frankreich z. B. enthalten die Seedepartements nicht weniger als 200000 Hectaren (347497 österreich. Joch) Sümpfe dieser Art. —

II. Entwässerung mit Hilfe von Maschinen. — Liegt die Oberfläche des Sumpfes unter dem Niveau aller umgebenden Wassermassen, so kann man die Entwässerung nur durch Aushebung des Sumpfwassers bewirken, und zwar mit Maschinen, die zu einem höhern Wasserspiegel, dem Meere, einem See oder einem Flusse leiten. Die fortwährenden Vervollkommnungen der Radwerke und Wasserhebmaschinen und der progressiv steigende Werth der Ländereien geben dieser Methode ein immer größer werdendes Interesse, weßhalb sie auch sorgfältig studirt werden muß. Ein einziger englischer Ingenieur, Hr. Glyn, hat in einigen Jahren 17 Maschinen von 870 Pferdekräften hergestellt, welche zur Entwässerung von 50000 Hectaren versumpfter Ländereien bestimmt waren.

Bei der Entwässerung mit Maschinen ist die Anlage der Umfangskanäle, wie bereits erwähnt, unumgänglicher erforderlich als andere Arbeiten dieser Art; sie werden übrigens nach den bereits bekannten Regeln ausgeführt.

Die Gesammtmasse der in jedem Jahre auszuschöpfenden Wassermenge (mit Ausnahme der Quellen, die übrigens bei dieser Art von Sümpfen höchst selten vorkommen) ist gleich dem Produkte der Oberfläche des Morastes multiplicirt mit der Stärke der Schicht des jährlichen Niederschlages nach Abzug des Wassers, welches verdunstet und in den Boden eindringt. Die Bestimmung dieser beiden letzten Größen ist immerhin sehr ungenau und kann sich nur durch Analogie einigermaßen ermitteln lassen; da es aber immer besser ist, sich über als unter der Wahrheit zu halten, so ist es zweckmäßig, diese beiden Ziffern so niedrig als möglich und folglich das auszuschöpfende Wasserquantum etwas zu hoch anzunehmen. Bezeichnet man dieses in Kubikmetern ausgedrückte Volumen mit V, die durchschnittliche Hubhöhe mit h, so wird die Kraft, die der Motor, wenn er beständig arbeitet, erforderlich hat,

*) Eine Flut- und Ebbezeit von 12 Stunden.

Digitized by Google

$a \frac{1000\ V\ h}{75 \times 31536000} = \frac{a\ V\ h}{2365200}$ = sein, wo a das Verhältniß der Triebkraft zu dem Nutzeffekt der anzuwendenden Hebemaschine bezeichnet. Da die Motoren aber nur periodisch arbeiten, so ist es übrigens angezeigt, wie bereits gesagt wurde, bei allen Berechnungen dieser Art stets über der Wahrheit zu bleiben, so daß man in der Regel eine doppelte oder dreifache Zahl derjenigen setzt, welche die obige Formel gibt. Es versteht sich übrigens von selbst, daß der räumliche Inhalt der Kanäle oder damit in Zusammenhang stehender Reservoirs groß genug sei, um das Wasser eines bedeutenden Regens so lange aufzunehmen, bis die Maschine gehörig arbeiten kann.

Die Anlage der Entwässerungskanäle ist übrigens sehr einfach; die in mehr oder minder voneinander entfernten Kanälen, Gräben und Rinnen sich sammelnden Gewässer werden in ein geräumiges Bassin (Mahlbusen) geführt, von wo es die Maschine auf die nothwendige Höhe erhebt. Die Kapacität dieser Reservoirs mit derjenigen der Kanäle muß groß genug sein, um alles in einer Reihe von Regentagen gefallene Wasser, was die Masse übersteigt, welche von der Maschine gehoben wurde, aufzunehmen, ohne daß dasselbe über die Ufer treten und die niedrigen Theile des Sumpfes bedecken kann. Das Gefälle der Kanäle bei Entwässerungen dieser Art kann geringer sein als bei allen Kanälen der übrigen Methoden; ihr Querschnitt wird übrigens nach der Wasserquantität berechnet, die sie abführen sollen.

Wenn unter den verschiedenen Punkten des Morastes beträchtliche Niveauunterschiede bestehen, so theilt man die ganze Fläche in mehrere Zonen, aus denen man das Wasser in Bassins sammelt, die in ungleichen Höhen liegen, damit die Höhe, über die das Wasser gehoben wird, so viel als möglich vermindert werde.

Die bei Sumpfentwässerungen gewöhnlich angewandten Motoren sind: Windmühlen und Dampfmaschinen. Die Hebemaschinen sind Wurfräder, archimedische Schrauben und manchmal verschiedene Arten von Pumpwerken. In Holland nimmt man an, daß eine Windmühle mit 4 Flügeln von 12 bis $14^{m}0$ Länge und $2^{m}0$ Breite 60 Kubikmeter einen Meter hoch in einer Minute zu heben vermag. Sie arbeiten im Jahre ungefähr 60 Tage; bei der Berechnung aber nimmt man nur an, daß jede Mühle jährlich 3 Millionen Kubikmeter einen Meter hoch auffördert.

Beispiele von Austrocknungen, die mit Schöpfmaschinen ausgeführt wurden, werden übrigens bessere Aufklärungen geben als die umständlichsten Erläuterungen, und da in Holland die umfangreichsten Arbeiten dieser Art unternommen worden sind, die uns die schönsten Belehrungen gewähren, so wollen wir die Entwässerung dieses Landes etwas näher ins Auge fassen, behalten uns jedoch vor, über die kolossalste aller bisherigen Austrocknungen, die des harlemer Meeres in einem abgesonderten Aufsatze ein Weiteres zu berichten. Holland hatte im Jahre 1844 für die Entwässerungsarbeiten 2445 Windmühlen von großen Dimensionen in Thätigkeit, wovon 61 mit Schrauben, die andern aber mit Wurfrädern arbeiteten. —

Die Entwässerungen in Holland. — Der Boden der reichsten Provinzen Hollands besteht beinahe ganz aus entwässertem Erdreiche, das entweder vom Meere, von stehenden Seen oder von Flüssen bedeckt war, und welches jetzt theils durch natürlichen Abfluß, theils durch Aushebung des Wassers mit Maschinen trocken gehalten wird. Die Größe und die Schwierigkeit der Entwässerungsarbeiten, durch welche so ausgedehnte Länderstriche der Kultur gewonnen wurden, die Sorgfalt und die Geschicklichkeit, mit welchen sie erhalten werden, das fortwährende Ringen einer ganzen Bevölkerung, deren Muth und Beharrlichkeit trotz der vielen erschreckenden Unfälle, welche sie betrafen, niemals gebeugt werden konnte: Alles in diesem großen Beispiel der industriellen Kraft des Menschen ist gemacht, um die allgemeine Bewunderung auf sich zu ziehen

Nichts würde interessanter und belehrender sein, als von Jahrhundert zu Jahrhundert den allmähligen Veränderungen zu folgen, welchen der Boden Hollands unterworfen war. Dieser Krieg des Menschen mit den Elementen hatte wie alle Kriege große Erfolge und schreckliche Unfälle: beträchtliche Theile des festen Landes wurden Inseln (Zeeland); das Meer, sich bald auf einem Punkt, bald auf dem andern einen Weg bahnend, erschuf Golfe oder Binnenmeere da, wo reiche und bevölkerte Länder waren (Zuydersee, Harlem, Dollart, Biesbosch u. s. w.); Dörfer in großer Zahl wurden unter den Fluten begraben, ganze Bevölkerungen verjagt oder vernichtet, Arbeiten mehrerer Jahrhunderte in wenigen Stunden zerstört. Dies sind Begebenheiten,

Digitized by Google

welche die Geschichte dieses Landes während einerlangen ununterbrochenen Reihe von Jahrhunderten darbietet. Leider haben es die Geschichtsschreiber, welche sich lieber mit den unwichtigen Details der Regierung eines kleinen Fürsten, oder mit der Darstellung unbedeutender Scharmützel beschäftigten, nicht der Mühe werth gefunden, der Nachwelt diese wichtigen und interessanten Thatsachen zu überliefern; höchstens widmeten sie diesen großen, durch das Wasser verursachten Katastrophen von Zeit zu Zeit eine Zeile in ihren Werken. Unbedeutende Kriege, erdichtete und entstellte Begebenheiten, diplomatisches Gewäsch, officielle Aktenstücke ohne Interesse sind die Thaten, welche man in den holländischen Geschichtsbüchern findet; von dem, was die Kultur des Landes betrifft, sprechen sie nicht ein Wort. Hunderte von Bänden sind angefüllt mit den Erzählungen von den Kriegen zwischen Flandern und Holland; nichts, oder beinahe nichts wurde über die materielle Geschichte dieses merkwürdigen Landes veröffentlicht; nur Guicciardini macht von diesen Geschichtsschreibern eine Ausnahme, denn er stellt die allmählige Formazion der Zuydersee vollständiger dar.

Holland erstreckt sich längs der ganzen Küste der Nordsee von der Einmündung der Weser bis zu der der Schelde und wird gegen Deutschland beinahe von der Ems und von einer Linie begrenzt, welche man von Sluis nach Kleve zieht und sie von dort bis zu diesem Flusse verlängert. Die Grundfläche innerhalb dieser Grenzen beträgt 2800000 Hectaren, auf welcher eine Bevölkerung von beinahe 1900000 Menschen lebt, die in folgende sieben Provinzen vertheilt sind:

Gröningen	200000	Hectaren	93000	Einwohner
Friesland	300000	„	97000	„
Ober-Yssel	535000	„	170000	„
Geldern	520000	„	325000	„
Utrecht	130000	„	110000	„
Holland	560000	„	800000	„
Brabant	450000	„	212000	„
Zeeland	115000	„	83000	„
	2800000	Hectaren	1890000	Einwohner.

Der Rhein und die Maas durchziehen das Land mit ihren zahlreichen Armen; die Mündungen dieser Flüsse und die der Schelde bilden sehr vielfältige Meeresarme, von denen mehrere sehr beträchtlich sind; die Binnenmeere Zuydersee, harlemer Meer, Dollart, Biesbosch und eine Menge von Seen geringern Umfangs nehmen einen großen Theil dieses Territoriums ein, welches von Wasser umgeben, bedeckt, und von allen Seiten davon bedroht ist.

Die holländischen Seen sind Wassermassen, welche mit den benachbarten Flüssen oder Kanälen in Verbindung stehen und meistens eine Tiefe von 4 bis 5 Meter, manchmal auch mehr haben. Ihr Ursprung ist doppelter Art; die einen sind von der Natur gebildet als das Land noch keine Deiche hatte und offen gegen das Meer war; sie vergrößerten sich allmählig, indem die fließenden Gewässer ihre Ufer angriffen. Zu dieser Art gehört das harlemer Meer und die meisten der übrigen Seen Nordhollands, welche im sechzehnten und siebzehnten Jahrhundert ausgetrocknet wurden. Die andere Art dieser Seen entstand in Folge der Torfgräbereien, welches Material man besonders in den Provinzen Holland, Utrecht und Friesland wenige Fuße unter der Erdoberfläche findet und das nichts anderes ist als eine unvollständige Verkohlung von Wasserpflanzen, welche Jahrhunderte dort aufgehäuft haben, die nun getrocknet und zubereitet dem holzarmen Holland, in dem man sich auch der Steinkohlen noch nicht allgemein bedient, ein ausgezeichnetes Brennmaterial liefern, das dort fortwährend zum häuslichen Gebrauch verwendet wird.

Die großen Vortheile, welche diese Ausbeutung des Torfes dem Grundeigenthümer gewährte, gaben Veranlassung, daß die angelegten Torfgruben mit der Zeit eine große Ausdehnung erhielten und große Wasserbecken wurden, besonders, ehe die Regierung zweckdienliche Maßregeln dagegen ergriffen hatte. Die größte Zahl dieser Wasserbehälter in dem mittäglichen Theil der Provinz Holland, in der Provinz Utrecht und im Zuidplas von Schieveland, welcher letztere jetzt ausgetrocknet ist, sind auf diese Weise entstanden.

Inzwischen droheten die bestehenden Seen von einer Zeit zur andern die anstoßenden Ländereien zu verschlingen, so daß man genöthigt war solchem Uebel durch kostspielige Mittel um so mehr vorzubeugen als die immer mehr zunehmende Bevölkerung und Industrie darauf bedacht sein mußte dem Wasser neue Siege abzugewinnen und auf diese Art die Kultur und die Produkzion zu vergrößern. Seit dem siebzehnten Jahrhundert wurden in der einzigen Provinz Holland, zum Theil von den Grundeigenthümern selbst, mehr als 70000 Hectaren Land ausgetrocknet, worauf

Digitized by Google

vorher Waſſermaſſen mit anſehnlicher Tiefe ſtanden. Der Zuidplas zwiſchen Rotterdam und Gouda (Seite 451), welcher eine Oberfläche von 4600 Hectaren hat, wurde in ganz neueſter Zeit auf Koſten der Regierung entwäſſert, und gegenwärtig iſt man mit der Austrocknung des großen 18000 Hectaren enthaltenden harlemer Meeres beſchäftigt; ja es iſt ſogar die Rede davon, die ganze Zuyderſee durch Trockenlegung dem Anbau zu gewinnen, welche ſchon jetzt durch die Arbeiten bei Colhorn, durch die Bedeichung des Anna-Paulownapolders, die Trockenlegung eines Theils des Y auf der weſtlichen und durch die Deicharbeit bei Harderwyk am Zwarte-Water auf der öſtlichen Seite der Zuyderſee bedeutend eingeengt wird.

Der Theil des Bodens von Holland, der durch die Flut oder durch die Austretung der Flüſſe überſchwemmt wird, hat ungefähr einen Flächeninhalt von 1620000 Hectaren, welcher ſich auf die Provinzen folgendermaßen vertheilt:

Gröningen ganz	200000	Hectaren
Friesland ganz	300000	„
Ober-Yſſel ungefähr ¼	100000	„
Geldern ungefähr die Hälfte . .	250000	„
Holland beinahe ganz	550000	„
Brabant ungefähr ⅞	105000	„
Zeeland ganz	115000	„
	1620000	Hectaren.

Es iſt bemerkenswerth, daß die reichſten und die am meiſten bevölkerten Provinzen gerade diejenigen ſind, welche am tiefſten liegen. Berechnet man danach die Bevölkerung auf den Quadrat-Kilometer, ſo erhält man folgende Reſultate:

Ober-Yſſel, ſchlechter Boden, Sand, Moraſt	32	Einw.	pr □	Kil.
Brabant, zum Theil fruchtbar, zum Theil mittelmäßig	47	„	„	„
Geldern, zum Theil fruchtbar, zum Theil mittelmäßig	63	„	„	„
Groningen, ſehr mittelmäßiger Boden, Torf im Ueberfluß . . .	47	„	„	„
Friesland, unfruchtbares Erdreich, Torf im Ueberfluß	36	„	„	„
Zeeland, ſehr fruchtbares Erdreich .	72	„	„	„
Utrecht, ein großer Theil ſehr fruchtbarer Boden	85	„	„	„
Holland, fruchtbarer Boden . .	143	„	„	„

Es iſt hierbei zu bemerken, daß die beiden letztern Provinzen die einzigen ſind, wo der Boden beinahe ganz durch mechaniſche Mittel trocken erhalten wird, woraus alſo hervorgeht, daß die reichſten und bevölkertſten Erdſtriche gerade diejenigen ſind, welche ſich in dieſer außerordentlichen Lage befinden.

Der Boden Holland's läßt ſich in vier verſchiedene Kathegorien theilen:

1. Boden, der noch mit Waſſer bedeckt iſt;

2. entwäſſertes Terrain, oder Polder im Innern des Landes, deren Boden höher liegt als der gewöhnliche Waſſerſtand der anſtoßenden Gewäſſer;

3. Küſtenpolder über dem niedrigen Waſſerſtand;

4. Küſtenpolder unter dem niedrigen Waſſerſtande oder nur wenig darüber, oder Polder im Innern des Landes, welche unter dem gewöhnlichen Waſſerſtande der benachbarten Gewäſſer liegen.

Die beiden erſten Klaſſen des niederländiſchen Bodens haben für uns wenig Intereſſe, und wir werden uns daher nur mit den letztern beſchäftigen.

Vor der Eroberung Hollands durch die Römer kennt man nichts über den Zuſtand ſeiner Bodenfläche. Die von den Katten abſtammenden Bataver ließen ſich zwiſchen den Rheinarmen vierundfünfzig Jahre vor dieſer Epoche nieder. Die Frieſen nahmen das ganze nördlich von den Batavern bis zum Meere und bis zur Weſer gelegene Land ein; die Toxandriner beſaßen Zeeland. Während der Ueberſchwemmungen zogen ſich dieſe Völker auf die höchſt gelegenen Gegenden zurück und breiteten ſich nach dem Verlauf des Waſſers in den Ebenen wieder aus; die Bataver hatten nur eine einzige Stadt, Batavia oder Batavodurum, das heutige Batenburg. Auf der ganzen Küſte kannte man nur eine einzige Seeſtadt Manarmanis-Portis, welche nach den Gelehrten auf der Stelle von Genemuyden oder von Kampen, Harlingen, Stavoren u. ſ. w. lag.

Die allgemeine Beſchaffenheit des Landes in damaliger Zeit war weit verſchieden von der, wie ſie es heute iſt; die Küſte von der Schelde bis zur Weſer war zuſammenhängend mit folgenden Ausnahmen:

1. die vielen Mündungen der Schelde, der Maas und des weſtlichen Rheinarmes, welche das Land der Toxandriner durchzogen; die vorzüglichſten derſelben waren die Sine oder Sinefalla (weſtliche Schelde), der Scaldis (öſtliche Schelde), der Helium, die gemeinſchaftliche Mündung des Rheins und der Maas, welche ſich

Digitized by Google

zwischen Briel und Helvoetsluis (Helium Castellum) befand und mit den erstern in Verbindung stand; die Namen der übrigen Arme, von welchen das Land der Toxandriner durchzogen war, ihre Lage, so wie die Namen der Inseln, welche durch sie gebildet wurden, sind ganz unbekannt;

2. die Mündung des mittleren Rheins (Rhenus, der alte Rhein heut zu Tage), welche nahe bei Leyden (Lugodium oder Lugdunum) lag;

3. die Mündung der Yssel (Issala oder Sala) nahe beim Texel;

4. die Mündung der Vechte (Vidrus oder Flevus), welche ein wenig östlich von der vorigen war;

5. die Mündung der Ems (Amasius), welche ihre Lage nicht verändert hat.

Der Rhein theilt sich in gegenwärtiger Zeit da, wo er die Sandhügel verläßt, welche ihn einschließen, um in die Niederlande einzutreten, in mehrere Arme. Der erste, unterhalb Emmerich als Waal abgehende Arm verbindet sich mit der Maas in geringer Entfernung von der Küste und ergießt sich mit einer ungeheuren Mündung in die Nordsee. Wenige Meilen von der Bifluenz der Waal zweigt sich der zweite Arm unter dem Namen der Yssel ab und ergießt sich bei Kampen in die Zuydersee. Der dritte Arm, der Leck, geht bei Wyk by Duurstede links ab, fließt beinahe parallel mit der Waal, mit welcher er nahe der Ausmündung durch zwei Kanäle verbunden ist, und wirft sich in das Meer, nachdem er Rotterdam passirt hat. Der eigentliche Rhein, durch so viele Abzüge entkräftet, setzt seinen Weg über Utrecht und Leyden fort, und indem er durch die Kanäle, denen er Leben verleiht, immer mehr und mehr Wasser verliert, kommt er ganz erschöpft zum Meere an, wo eine kleine Schleuse zum Durchgang dieses Königs der Flüsse durch die Dünen dient.

Seit undenklichen Zeiten kannte man 2 Rheinmündungen. In seiner Aeneide nennt Virgil diesen Fluß Bicornis, den zweihörnigen. Das eine dieser Hörner, welche seit damals bis heute eine Hauptrolle spielte, war die Waal, ein Name der schon den Römern bekannt war. Man findet ihn beim Tacitus, welcher Schriftsteller uns im zweiten Buche seiner Annalen lehrt: „daß der Rhein, welcher immer dasselbe Bett behält, oder doch nur mäßige Inseln befaßt, sich an der Spitze des Gebiets der Bataver in zwei Arme theilt und Namen und Stärke des Stroms beibehält, so lange er Germanien durchfließt, bis er sich in den Ocean ergießt; am gallischen Ufer, nämlich der andere Arm des Rheines, der am gallischen Ufer hinfließt, wird er breiter und minder strömend, ändert seinen Namen und wird von den Einwohnern Vahal genannt; doch bald verliert er auch diesen Namen und wird eins mit der Maas, durch deren ungeheure Mündung er in den Ocean fällt.“ Diese Mündung des Rheins ward Helium genannt, ein Name, der sich in dem Namen Helvoet bis auf unsere Tage erhalten zu haben scheint. Durch einen Maasarm verband sich der Rhein, der heutigen Tages — außer durch den zeeländischen Archipel, in dessen Kanäle sich die beiden Flüsse ausgießen — ohne alle Verbindung mit der Schelde ist, mit dieser letztern. Dieser Arm der Maas zweigte sich in südlicher Richtung ab, floß längs der Küste dahin und ergoß sich auf der Seite von Brügge in das Meer. Noch zur Zeit Karls des Großen bestand dieser Arm, welcher sich nach und nach verloren hat, so daß von ihm jetzt keine Spur mehr vorhanden ist.

Nördlich des Flusses war der Zustand des Landes ein anderer als jetzt. Die Zuydersee war noch nicht vorhanden, wenigstens war dort kein Golf wie man ihn heute sieht, sondern nur ein großer See, der nicht in unmittelbarer Verbindung mit dem Meere stand. Dieses Süßwasserbecken, welches von den Alten Flevum genannt wurde, nahm ungefähr die Oberfläche des südlichen Theils der Zuydersee ein. In ihm lag eine große Insel gleichen Namens; er war der Recipient aller Gewässer der benachbarten Länder, welche sich darin hauptsächlich durch den Flevus, die Sala und den Vidrus ergossen. Das bis zur Nordsee sich fortsetzende Bett der beiden zuletzt genannten Flüsse stellte die Verbindung zwischen diesem Meere und dem Flevo her. Pomponius Mela beschreibt ihn als einen See, der durch Ueberschwemmung niedrig gelegener Ländereien vom Rhein entstanden sei.

Die Römer gaben die erste Veranlassung zur Theilung des eigentlichen Rheins in zwei Stromarme. Drusus, welcher die römischen Legionen an den Grenzen Germaniens befehligte, verband im Jahre 12 vor unserer Zeitrechnung durch einen Kanal (Fossa Drusiana) die Gewässer des Rheins mit denen des kleinen nördlicher gelegenen, wie bereits erwähnt in den Flevus sich ergießenden Flusses Issala, ohne Zweifel aus dem Grunde,

Digitized by Google

um seine Stellungen zu decken. Das aber, was im Anfange nur ein gewöhnlicher Graben war, ward durch die Kraft des sich in sein Bett werfenden Wassers ein wirklicher Fluß, und der dadurch entstandene östliche Rheinarm warf sich, nachdem er den Flevus durchströmt hatte, allem Anschein nach ins Meer durch einen Kanal, der heutigen Tages noch durch die Durchfahrt zwischen den Inseln Vlieland und Ter Schelling bezeichnet wird.

Nach den angeführten Worten des Tacitus scheint es, daß der alte Rhein ungeachtet der neuen Schwächung durch die Ableitung in die Yssel nur wenige Meilen von dem Punkte, wo die Waal sich abgezweigt hatte, dennoch der Hauptstrom blieb. Aber eine neue Kriegsbegebenheit versetzte ihm eine tiefere Wunde als diejenige war, welche er von Drusus erhielt. Unterhalb der Bifluenz der Yssel ist nämlich der Rhein bis Zandwyk rechts von Sandhügeln begrenzt, während das Land auf dem linken Ufer, das sich bis zur Waal erstreckt und von den Römern Insula Batavorum genannt wurde, sehr niedrig liegt und daher den Ueberschwemmungen des Rheins sehr ausgesetzt ist. Diesen Ueberschwemmungen zu wehren, legten die Legionen unter Anführung des Drusus einen Deich an, der erst siebenundfünfzig Jahre später unter Paulinus Pompejus vollendet wurde, und die Insel der Bataver war auf diese Art wenigstens zum Theil sicher gestellt. Als aber um diese Zeit die Gallier versuchten, mit Hilfe der Bataver das römische Joch von sich abzuschütteln, ward in Folge der für ihn unglücklichen Schlacht im Gebiete der Treverer der Feldherr der Empörer Claudius Civilis genöthigt sich fechtend auf die Insel der Bataver zurückzuziehen, schräg in dem Rhein einen Sperrdamm zu erbauen und dem von Drusus Germanicus angelegten Damm zu durchstechen, durch welche Maßregeln der Feldherr augenblicklich sich halten konnte. Die Insel wurde überschwemmt, und der Rhein, sein Bett verlassend, warf sich beinahe mit seiner ganzen Strömung über diese große Ebene. So entstand ein vierter Arm, der Leck, ein Name der nach den Archäologen von dem lateinischen Worte „eliecre“ herstammen soll.

Seit dieser Zeit wurde der alte Rhein sehr unbedeutend. Tacitus nennt ihn tenuis alvus, seichtes Bett. In der Gegend von Leyden ging er in das Meer, doch weiß man die Stelle nicht genau mehr. Im Anfange des achtzehnten Jahrhunderts wurde diese Mündung durch einen heftigen Sturm verstopft, welcher dort so viel Sand hinführte, daß sie gänzlich verschwand. Nach Einigen befand sie sich nördlich von Leyden bei Zandvoort, nach andern noch nördlicher bei Petten. Erst im Anfange dieses Jahrhunderts entschloß man sich, diesem unglücklichen Strome, welcher so schwach war, daß er die ihm den Ausgang zum Meere versperrende Sandbank nicht durchbrechen konnte und sich deshalb auf die angrenzenden Wiesen als stagnirende Gewässer ausbreitete, dadurch zu Hilfe zu kommen, daß man ein Siel und einen Kanal anlegte, durch welche jetzt das Rheinwasser bei niedrigem Meeresstande abzufließen im Stande ist. Von der Gegend von Utrecht an gleicht der Rhein mehr einem künstlichen Kanal als einem natürlichen Fluß; indessen hat er nichts destoweniger große Wichtigkeit für die innere Schifffahrt der Provinzen Utrecht und Südholland, in welchen er das Hauptkommunikazionsmittel ist.

Vielfältige Katastrophen führten allmählig große Veränderungen in dem Zustande dieses Landes herbei. Es ist schwer, sich einen Begriff von dem zu machen, was Zeeland vor und unter den Römern wirklich war. Es scheint, daß von jeher der niedrig gelegene Boden dieser Gegend großen Umwälzungen ausgesetzt war; gewiß ist es, daß daselbst im achten Jahrhundert wirklich nur zwei große Inseln bestanden; die eine mit den Ländern Toxandria und Beveland, die andere unter dem Namen Scaldia zwischen der Schelde und Maas bekannt. Die Arme dieser beiden Flüsse waren noch sehr schmal; im Jahre 860 aber veränderten furchtbare Stürme dieses Land gänzlich; 938 bildete sich der westliche Arm der Schelde, der Hond, ungefähr so wie er noch jetzt ist; 1421 entstand der Biesbosch; 1530 verschwand ein Theil von Duiveland; 1532 wurde Nord-Beveland beinahe ganz und von Süd-Beveland ein großer Theil vom Wasser verschlungen. In diesen Zeiträumen bildeten sich die ungeheuren Wasserflächen, als der Zuidplas, das Vliet u. s. w., welche heutigen Tages einen so großen Theil von Zeeland und des benachbarten Festlandes bedecken.

Weiter im Norden von Zeeland gingen noch bemerkenswerthere Veränderungen vor sich; der Binnensee Flevus vergrößerte sich nach und nach durch verschiedene Ursachen. Der Drusische Graben nahm einen Theil der Gewässer des Rheins und der Yssel auf und

Digitized by Google

leitete es folglich in den See; der Graben des Corbulo (Foſſa Corbulonis) brachte eine ähnliche Wirkung hervor; die Mündungen der Flüſſe, welche den See durchſchnitten, vermehrten ſich und der Einfluß der Flut verhinderte mehr und mehr den Abfluß dieſer Gewäſſer. Auch die Inſel Flevus war vor Pomponius Mela ſchon gänzlich überſchwemmt. Zur Zeit des Einfalls der Sachſen war dieſer See ſchon beträchtlich geworden, und zu gleicher Zeit gewannen die Seen, welche mit dem Flevo in Verbindung ſtanden (jetzt das harlemer Meer, het Y, das lange Meer) und welche urſprünglich nur Moräſte waren, an Ausdehnung und Tiefe. Der Theil vom weſtlichen Friesland, welcher den Flevus von der Nordſee trennte, wurde aufs heftigſte von den Fluten angegriffen und unterlag beträchtlichen Einbrüchen. Im Anfange des dreizehnten Jahrhunderts war der Flevusſee und das Meer nur noch durch eine Landenge getrennt, welche nicht breiter als tauſend Schritte war; im Laufe dieſes Jahrhunderts verſchwand auch dieſe, und die Zuyderſee wurde ein Golf, in dem Ebbe und Flut wechſelt. Durch dieſes Ereigniß wurde ein großer Theil von Oſt- und Weſtfriesland zerſtört, und die Seeleute erzählen noch jetzt, öfters aufrecht ſtehende Thürme und Häuſer auf dem Boden des Golfes wahrzunehmen. Dieſe an ſich lächerlichen Erzählungen geben indeß das Zeugniß ab, daß das Andenken an dieſe Kataſtrophe ſich tief bei den Bewohnern des Landes eingeprägt hat. Es war ebenfalls im dreizehnten und Anfang des vierzehnten Jahrhunderts, 1277 und 1307, daß ſich der Dollart durch Seeeinbrüche bildete.

Der Einbruch des Meeres in die Zuyderſee führte die Bildung des Golfes „het Y“ herbei, welcher früher nur ein großes Becken ſüßen Waſſers war; das harlemer Meer und die übrigen Binnenſeen wurden dadurch beträchtlich erweitert. Inzwiſchen waren die Folgen dieſer Begebenheiten keine traurigen; die Ufer des neuen Golfes gewannen, denn ſie wurden der Seeſchifffahrt zugänglich, und es ſchreibt ſich von dieſer Zeit der Wohlſtand Amſterdams her.

Mit der Bildung der Zuyderſee war aber noch nicht alles abgethan, und das Meer, ſich ſelbſt überlaſſen, ſetzte ſeine Zerſtörungen fort. Indem ſich die gemachten Einriſſe von Tag zu Tag vergrößerten, führten die Wellen reißend die Spitze der Halbinſel mit ſich fort, welche gegen Weſten den neuen Golf von dem Nordmeere trennte; die Fluten wurden ſtärker nach Maßgabe der Vergrößerung des Golfs, und man wurde endlich inne, daß man, um einem größeren Einbruch der Fluten entgegenzuarbeiten, die Spitze der Halbinſel, den Helder, zu erhalten ſuchen müſſe. Ein Molo von einer Stunde Länge und einer Tiefe von hundert Fuß wurde von verlornen Steinen, welche aus Norwegen herbeigeſchafft waren, erbaut, und er ſchützt dieſe Spitze ſeit einigen Jahrhunderten. Ein langes Pfahlwerk, mehrere Spornen von Zimmerwerk und ein langer Deich, genannt der Zanddijk (der Sanddeich), verhindern den fernern Abbruch und befeſtigen die Spitze an die Dünenreihe, welche Holland begrenzt. Auf dieſe Art wurde die Rettung aller Ufer der Zuyderſee ins Werk geſetzt; denn wenn nur noch ein wenig beträchtlicher Theil der Halbinſel von den Wellen hinfort geführt worden wäre, ſo würden ſich die Fluten um mehrere Fuß höher im Golf erhoben haben und das ganze Land wäre überſchwemmt geweſen. Und trotz aller Mühen und Koſten, welche man für die Unterhaltung am Helder verwendet hat, vergrößert ſich die Oeffnung des Golfes; auch iſt man von Zeit zu Zeit genöthigt die Schutzdämme zu erhöhen.

Es iſt ſehr ſchwer, die Epoche zu beſtimmen, in der man die erſten Verſuche machte, die der Ueberſchwemmung ausgeſetzten Ländereien vor dieſem Uebel zu ſchützen. Die kattiſche Bevölkerung, welche das Land vor den Römern inne hatte, führten öfters Hügel auf, um ſich vor den Hochgewäſſern zu ſichern; es ſcheint aber nicht, daß ſie den Bau der Deiche gekannt haben, und es iſt wahrſcheinlich, daß dieſe erſt durch die Römer eingeführt worden ſind; wenigſtens iſt es gewiß, daß die Sieger ſich beeilten, die in Beſitz genommenen Länder gegen die Ueberſchwemmung der Hauptflüſſe zu ſchützen. So erbaute, wie ſchon erwähnt, Druſus auf dem linken Rheinufer einen Deich, welchen Paulinus Pompejus unter Nero vollendete. Durch einen Durchbruch dieſes Deiches, welcher zur Zeit der Streitigkeiten zwiſchen Veſpaſian und Civilis erfolgte, bildete ſich der Leck.

Zu Anfang der chriſtlichen Zeitrechnung waren Zeeland und die benachbarten Küſten beinahe noch unbewohnt. Auf der Inſel Walcheren ſetzten ſich zuerſt die Normannen feſt, und ihnen hat man die erſten Eindeichungen zum Schutz gegen das Meer zu danken. Von dieſer Inſel ging im Jahre 900 der berühmte Rollo aus, um die Normandie zu erobern, und es ſcheint, daß zu dieſer Zeit die Normannen, welche ſich zuerſt auf den Dü-

Digitized by Google

nen und den übrigen hohen Theilen des Landes angesiedelt hatten, bereits im Besitze eines großen Theils des niedrig gelegenen Landes waren. Die Holländer bemächtigten sich Zeelands im zehnten Jahrhundert und setzten die angefangenen Arbeiten der vorigen Besitzer fort. Als Heinrich III. diese Provinz Baudouin dem Bärtigen, Grafen von Flandern, geben wollte, hatte sie schon viele Wichtigkeit erlangt, so daß sie zwischen Flandern und Holland selbst lange und blutige Kriege veranlaßte.

Die Römer hatten angefangen die innern Ländereien vor Ueberschwemmungen zu schützen; die Normannen waren die ersten, welche die Küstenländereien gegen den Einbruch des Meeres vertheidigten. Diese Beispiele trugen gute Früchte, und alle mit Leichtigkeit zugewonnenen Landstriche wurden bald kulturfähig gemacht. Dennoch dehnte sich die Unternehmung dieser Arbeit bis zum fünfzehnten Jahrhundert nur auf solche Ländereien aus, welche der Austrocknung durch den natürlichen Ablauf des Wassers fähig waren; auch waren die Arbeiten am Meere noch nicht so weit vorgerückt, um die der Ueberschwemmung am meisten ausgesetzten Grundstücke auszutrocknen, und erst in den folgenden Jahrhunderten, dem sechzehnten und siebzehnten, versuchten die Einwohner, als sie kühner, und hauptsächlich als sie reicher geworden waren, sich mit Erfolg zu Herren davon zu machen. —

Die Austrocknung derjenigen Ländereien, welche so niedrig lagen, daß ein natürlicher Abfluß des Wassers von ihnen nicht stattfinden konnte, war in früherer Zeit noch nicht zu bewerkstelligen, da man die Anwendung von Maschinen zu diesem Behuf noch nicht kannte. Erst am Ende des vierzehnten Jahrhunderts scheinen die Windmühlen erfunden zu sein, und bekannt ist es, daß man sich in Alkmaar im Jahre 1408 einer Windmühle zum Ausschöpfen des Wassers bediente. Diese Windmühlen, anfangs von roher Bauart, waren unbeweglich und konnten folglich nur bei einem Winde arbeiten, weßhalb man sie immer dem herrschenden Winde zu errichtet hatte, wodurch der doppelte Nachtheil entstand, daß sie nur von geringer Nützlichkeit und den größten Unfällen ausgesetzt waren, wenn Gegenwinde wehten. Man setzte sie daher auf Flöße, welche man nach Belieben wenden konnte; doch war diese Vorrichtung zu komplicirt und zu kostspielig, um Mühlen von genügenden Dimensionen darauf zu setzen. Trotz aller Schwierigkeiten, die dieses neue Hilfsmittel zur Austrocknung noch mit sich führte, verbreitete es sich bedeutend, und es wurde im Laufe des fünfzehnten und sechzehnten Jahrhunderts der größte Theil der Ländereien trocken gelegt und trocken erhalten, welche nicht mehr als vier rheinische Fuß unter dem gewöhnlichen Stand des freien Wassers in der nächsten Nachbarschaft lagen. Diese Ländereien werden in Holland mit dem Namen Oudeland, altes Land, bezeichnet.

Gegen das Ende des sechzehnten Jahrhunderts war der größte Theil des Oudelandes entwässert; einen Theil davon konnte man nicht trocken legen, und auf einem andern Theile entstanden durch die Anlage von Torfstechereien ohne Unterlaß neue Moräste, die größtentheils eine bedeutende Tiefe hatten; Ländereien, die noch unter Wasser standen, bildeten Landseen, deren einige von großer Ausdehnung waren; die meisten der zwischen ihnen gelegenen Grundstücke waren drei bis vier Meter unter dem Niveau der Recipienten, die sechs Meter tiefer lagen. Unter diesen Verhältnissen konnten sie mit den damals gebräuchlichen Maschinen mit Vortheil nicht entwässert werden. Da belebte die Erfindung der holländischen Windmühlen den Eifer der Spekulanten, denn diese Mühlen konnten nun nach jedem Winde gerichtet und nach sehr großen Dimensionen erbaut werden, so daß eine einzige derselben so viel leistete als mehrere von den nach dem alten System erbauten. Die Entwässerungskosten des alten Landes verminderten sich jetzt bedeutend, und Austrocknungen, deren Ausführung man bis dahin für unmöglich gehalten hatte, wurden nun mit Leichtigkeit bewerkstelligt. Man stieß ferner auf keine Schwierigkeit, und die Zahl der Mühlen vervielfältigte sich bis ins Unendliche. Um sie für jede Wassertiefe zu gebrauchen, wurden sie in mehren Reihen hintereinander aufgestellt, so daß eine Mühle der andern das ausgeschöpfte Wasser zuschickte, was man einen Gang Mühlen nennt. Bei dieser nun so günstig gewordenen Lage Hollands verwendeten seine Bewohner große Kapitalien auf ihre Unternehmungen in Trockenlegung von Ländereien, und der Anfang des siebenzehnten Jahrhunderts sah bereits den größten Theil der am tiefsten gelegenen Ländereien trocken gelegt.

Noch aber waren große Räume mit Wasser bedeckt, das harlemer Meer, die zahlreichen Seen von Nordholland, die Torfmoore von Delftland, Schieveland, alle diese großen Flächen in den reichsten und frucht-

Digitized by Google

barsten Gegenden Hollands hätten gewiß mit Vortheil entwässert werden können, wenn nicht Hindernisse während der Dauer einer ganzen Generazion der Fortsetzung der Entwässerungsarbeiten sich in den Weg gestellt hätten. Von der einen Seite wurden die Hilfsmittel, welche das Land zu den Entwässerungen beisteuerte, außerordentlich beschränkt; von der andern Seite suchten die Eigenthümer der trocken gelegten Ländereien, welche über den nachtheiligen Einfluß erschraken, der durch die Entwässerung einer so beträchtlichen Fläche neuer Grundstücke auf den Werth ihrer Besitzungen ausgeübt werden mußte, so viel als es in ihren Kräften stand, die Ausführung der projektirten Entwässerungspläne zu hintertreiben; die Austrocknung der Torfmoore des Schievelandes ist die einzige Unternehmung von einiger Wichtigkeit, welche in dieser letzten Zeit angefangen wurde. —

Diese historische Einleitung, so abgekürzt und unvollständig sie ist, schien uns nöthig, damit der Leser die Größe der Arbeiten würdige, welche die Holländer in ihrem Lande unternommen haben. Der fernere Gegenstand unsrer Abhandlung betrifft Einzelnheiten über die Ausführung der Entwässerungsarbeiten bei Anlage der Küstenpolder und der tiefen Polder, aus denen das Wasser mit Maschinen ausgehoben werden mußte. Oftmals gehört ein Polder diesen beiden Kathegorien zu, doch ist das Handhabungssystem dasselbe, und da es schwer ist, dies voneinander zu scheiden, so beschäftigen wir uns mit beiden Arten von Poldern, obschon nur die letztere speciell der Gegenstand unsrer Darstellung ist.

Man bemerkt in Holland zwei Arten von Küstenpoldern, welche sehr verschieden voneinander sind. Die einen liegen an der Küste, wo die Fluten schwach sind (etwa drei Meter); die andern sind ein Theil eines Litorales, wo die Bewegungen des Meeres beträchtlicher sind (beinahe sieben Meter). In die erste Kathegorie gehören die Ländereien an den Ufern der Zuydersee und an dem Ufer der Nordsee in Friesland und Gröningen; die zweite Klasse begreift die Polder von Zeeland und der benachbarten Küsten in sich.

Die Polder der ersten Art werden durch gewöhnliche Deiche geschützt, welche nur steile Böschungen haben, die mit einer Steinpflasterung versehen sind, welche auf einem Packwerk von Faschinen liegt. Diese Werke sind einander gleich und sind nur bemerkenswerth durch ihre Ausdehnung, denn es ist die ganze holländische Küste von der Weser bis zum Helder von solchen Deichen geschützt.

Die Küstenpolder in Zeeland bieten ein weit größeres Interesse dar. Die Arbeiten, welche man dort ausführt, sind durchaus aus den Lokalverhältnissen entsprungen, und sie sind gleich bemerkenswerth durch die Größe der erhaltenen Resultate als durch die Einfachheit der angewendeten Mittel.

Wenn ein Bezirk zur Kultur geeignet scheint, so umschließt man ihn mit einem Deich, welchen man mit den Deichen der benachbarten Polder verbindet. Dieser von Erde aufgeführte Deich erhält an der Krone eine Breite von 1,5 Meter und liegt mit derselben gewöhnlich einen Meter über dem Wasserstand der höchsten Fluten. Die äußere Böschung ist gewöhnlich $^1/_4$füßig und niemals ist sie über $^1/_3$füßig, ja öfters sieht man sie nur wie bei Westkapellen $^1/_{10}$füßig. Ist der Deich wenigen Angriffen ausgesetzt, ist der Bezirk, welchen er beschützen soll, in gutem Zustande, so begnügt man sich, die äußere Böschung mit Rasen zu bekleiden, der aber dann sorgfältig unterhalten wird. Ist diese Bekleidung nicht genügend, so nimmt man seine Zuflucht zu einer Strohbestickung, d. h. man belegt die Böschung mit einer Lage von Stroh oder Schilf, deren Halme nach der Höhe der Böschung liegen und durch Gänge (Reihen von Krampen aus Stroh, welche längs dem Deiche in das ausgebreitete Stroh oder Schilf in gewissen Entfernungen in den Erdkörper des Deiches mit der Spicknadel eingetrieben werden) bekrampt sind.

Ist die Gefahr größer, so legt man auf die Strohdeckung eine oder mehrere Lagen Faschinen, befestigt sie mit Pfählen, verbindet diese durch Flechtzäune, und wenn es erforderlich ist, beschwert man die Faschinen mit einer Lage großer Steine, stellt also eine fächerartige Böschung her.

Wenn die Ausdehnung des Bezirkes nicht erlaubt den Deichen eine hinreichende Böschung zu geben, so führt man Bekleidungspackwerke aus, welche aus horizontalen Faschinenlagen bestehen, die nach oben eingezogen werden. Die Faschinen werden mit den Zopfenden nach außen gelegt und werden durch Pfähle und Würste verbunden und befestigt.

Wird der Bezirk von einer Strömung angegriffen, so schreitet man zu anderen Anordnungen; handelt es sich bloß um die Erhaltung des Bezirkes in der Nähe des Deiches, so legt man eine Risberme von einer oder

Digitized by Google

mehreren Faschinenlagen an, welche parallel mit dem Deich und an seinem Fuß hinläuft, oder auch etwas davon entfernt ist; von Strecke zu Strecke bringt man öfters unter sich parallel laufende Schlickfänge auf den Bermen an.

Wenn der Bezirk auf eine große Länge geschützt werden muß, so erbaut man senkrecht auf den Flutstrom Verlandungsbuhnen, welche entweder nur sehr wenig mit ihrer Krone über die Watten vorragen, in welchem Falle sie nur von einer starken, mit Rasen bedeckten Faschinenlage gemacht sind, oder sie stehen weit über den Boden heraus und sind dann von neun bis zehn Lagen Faschinen, deren Köpfe nach außen liegen, zusammengesetzt und wie gewöhnlich verbunden. In jedem Falle sind diese Buhnen so lang als das Watt, gewöhnlich 200 Meter. Zu demselben Zweck erbaut man an mehr gefährlichen Stellen Höfter von Holz, welche aus einer oder mehreren Pfahlreihen bestehen, auf der ganzen Länge des Watts eingeschlagen und am Fuße von einer mit Steinen bedeckten Buschbettung geschützt werden.

Wenn das Watt von einer mittelmäßig starken Strömung abgebrochen ist oder stark angegriffen wird, und wenn keine Nachtheile durch die Abweisung der Strömung zu besorgen sind, so erbaut man Schutzbuhnen. Der Körper derselben besteht aus Erddämmen, die in das Meer geworfen werden und deren Böschungen man mit Packwerken bedeckt.

Außer den Buhnen wird das Ufer durch Deckwerke, die wie die Höfter konstruirt sind, geschützt.

Ist die Strömung sehr stark und die Tiefe des Meeres beträchtlich, so faßt man die Ufer mit großen versenkten Packwerken ein, welche man sehr weit unter dem Wasser fortsetzt und so, daß sie auf diese Art einen künstlichen Strand bilden. Diese Packwerke, von denen man eine so merkwürdige Anwendung macht, bestehen aus einer Lage Stroh und einer oder mehreren Faschinenlagen, welche zwischen zwei Geflechten von Würsten liegen, die untereinander durch Pflöcke nach der ganzen Dicke des Packwerks verbunden sind. Die Krone des Deckwerks wird in verschiedenen Abtheilungen mit Flechtzäunen beflochten. Ist das Packwerk in dieser Art auf einem Platze errichtet, der von der Flut erreicht werden kann, so benutzt man eine eintretende hohe Flut, um mittelst derselben das Packwerk an seinen Bestimmungsort zu bringen, wo es mit Erde und Rasen oder selbst mit Steinen so lange beschwert wird, bis es sich senkt; hat es den Boden erreicht, so wird es mit einer beträchtlichen Quantität derselben Materialien belastet. Auf diese Art hat man Packwerke erbaut, die bei dreitausend Quadratmeter Flächeninhalt haben.

Diese Details genügen, um eine Idee von den vorzüglichsten Werken zum Schutz der dem Meere abgewonnenen Ländereien in Zeeland und in den benachbarten Ebenen Hollands und Belgiens zu geben.

Ein solches Deichsystem, oder doch ein ähnliches, wurde zuerst bei den dem festen Lande zunächst gelegenen Alluvionen des Meeres angewendet. An diese erste Polderlinie knüpfte sich bald eine zweite, dann eine dritte an und sofort, bis das ganze Land ein förmliches Schachbrett bildete, dessen vordern Felder die andern vor dem Einbruch des Meeres schützen; der äußerste Deich als der einzige den Wogen ausgesetzte, beschützt das ganze Gehäuse, und es folgt daraus, daß alle Polder, die darin begriffen sind, zur Vertheidigung des äußersten Deiches beitragen müssen, wenn er in Gefahr steht. Dieses als Grundsatz von der holländischen Regierung angenommene, aber wenig und schlecht angewandte Princip wurde definitiv aufgestellt von der französischen Regierung durch die Dekrete vom dreizehnten Thermidor des Jahres VIII, neunundzwanzigsten Floreal X, ersten Germinal XIII und hauptsächlich durch das vom 25. December 1811. Alle diese Dekrete nahmen als Grundsatz an, daß, wenn der Deich eines Polders der ersten Linie bloß gestellt sei, die der zweiten und dritten Linie zu seiner Vertheidigung beitreten sollten; der in Gefahr sich befindende Polder wurde im Nothzustand erklärt und hatte in Folge dessen das Recht, die Hilfe seiner Nachbarn anzurufen, wenn seine eigenen Mittel nicht mehr zureichten sich selbst zu vertheidigen. Die Festsetzung der Regel, welche zur Bestimmung des Falles dienen sollte, in welchem ein Deich als im Nothzustande zu erklären war, führte sehr große Schwierigkeiten mit sich, und erst nach vielen Hemmungen beschloß man, durch das Gesetz vom 25. December 1811, daß diejenigen Polder als im Nothzustand befindlich zu erklären seien, welche nachweisen, daß sie während zwei aufeinander folgender Jahre den ganzen Ertrag ihrer Ländereien auf die Unterhaltung ihrer Deiche verwendet, oder, daß sie in einem Jahr zu diesem Behuf ein und ein halbes Mal den Ertrag verausgabt hätten.

Digitized by Google

Außer der Beihilfe, welche die benachbarten Polder leisten können, haben es sich die frühern und neuern Regierungen in allen Zeiten zum Gesetz gemacht, den angegriffenen oder dem Durchbruch ausgesetzt gewesenen Poldern zu Hilfe zu kommen. Ohne Beitritt des Staats wären wahrscheinlich viele jetzt kostbare Ländereien für immer verloren gewesen.

Außer den unmittelbaren Verlusten, welche ein überschwemmter Polder zu erleiden hat, und außer den Wiederherstellungskosten der Deiche muß noch in Anschlag gebracht werden, daß die mit Meereswasser bedeckt gewesenen Ländereien fünf bis sechs Jahre hindurch nicht bebaut werden können. Ereignisse solcher Art wiederholen sich so oft, daß es langweilig sein würde sie aufzuzählen, wenn man sich selbst auf die hauptsächlichsten Fälle beschränken wollte. Wir erwähnen hier nur der Ueberschwemmung von 1531, welche den größten Theil der Polder in Westflandern heimsuchte, und der vom 14. und 15. Januar 1806, welche siebenundfünfzig Polder an den Ufern des Hond unter Wasser setzte, die zusammen eine Oberfläche von 8808 Hectaren haben; 37 Deiche wurden durchbrochen; 21 Menschen, 7 Pferde, 160 Ochsen, 267 Schafe und Schweine waren die Opfer der Wellen, und es wurde der ganze Verlust auf 11180119 Francs abgeschätzt, wovon 1055686 Francs auf die Reparatur der zerstörten Deiche fielen.

Unabhängig von der Vertheidigung der äußern Deiche müssen die Polder eines Verbandes unter sich das System zur Abwässerung reguliren, welche Verpflichtung gemeinschaftlich getragen werden muß. Dies Ableitungssystem des Binnenwassers besteht gewöhnlich in einem oder zwei Hauptkanälen, welchen das Wasser aus den Poldern in kleinern Kanälen zugeführt wird und welche dasselbe durch mit Stemmthoren versehene Siele in das Meer, wenn dasselbe Ebbe hat, ableiten. Die Erfahrung hat gelehrt, daß diese Siele für 1500 Hectaren einen Meter Oeffnung haben müssen, um das Niederschlagwasser, so wie zugeleitetes oder aufgestautes Wasser abzuführen.

Die Polder, deren Abwässerung gemeinschaftlich ist, bilden einen Waterring; die Eigenthümer dieser Polder, die einen bestimmten Grundbesitz haben, vereinigen sich und erwählen eine Direkzion, welche die Verpflichtung und die Rechte eines jeden Grundbesitzers zu überwachen und die erforderlichen Arbeiten zu leiten hat.

Die Unterhaltung der jedem Polder eigenen Werke steht ebenfalls unter der Leitung einer gewählten Direkzion, welche aus einem Deichgrafen (Dijkgraaf) und mehreren Geschwornen besteht. In einer jährlich abzuhaltenden Generalversammlung setzen die Eigenthümer des Polders den von Jedem beizusteuernden Beitrag zu den Kosten fest, und es wird dann die desfalsige Verhandlung der kompetenten Administrazionsbehörde vorgelegt, welche sie amtlich bestätigt und die Eintreibung der Beiträge verfügt.

Die, sei es von Privaten oder von der Regierung, für die Unterhaltung der Deiche und der zur Abwässerung errichteten Anlagen verwendeten Ausgaben steigen bis zu beträchtlichen Summen auf. Durch das Dekret vom 29. Floreal des Jahres X wurde den Scheldepoldern eine Summe von 500000 Francs zu Hilfe gegeben; die Zahl dieser Polder betrug 268, und sie hatten zusammen eine Oberfläche von 68000 Hectaren. Das Gesetz von 1 Germinal XIII bewilligte im Scheldedepartement zur Unterhaltung der Außendeiche eine Beihilfe von 12 Francs für den Morgen der Polder erster Linie, drei Francs 78 Centimen denen zweiter und einen Franc 26 Centimen denen dritter Linie. In einem Jahre kostete die Unterhaltung der Polderdeiche im Arrondissement Cadzand, welche eine Oberfläche von ungefähr 15000 Hectaren haben, 1004800 Francs, oder beinahe siebenzig Francs pro Hectare. Die gewöhnlichen Unterhaltungskosten der Deiche auf der Insel Walcheren betrugen im Jahre 1812 524345 Francs, und zwar:

395664	Franken	für Unterhaltung der Bauwerke.
89726	„	Interessen der Schulden, welche der Polder hatte.
18655	„	Besoldung der Beamten.
20300	„	außergewöhnliche Ausgaben.

Das gewöhnliche Erträgniß der Insel betrug in diesem Jahre 502076 Francs. Da nun die Insel Walcheren einen Flächeninhalt von ungefähr 19000 Hectaren hat, so wird zur Unterhaltung der Deiche jede Hectare mit 26 Francs belastet.

Die durchschnittliche jährliche Unterhaltung der Deiche auf den Inseln Süd-Beveland und Nord-Beveland kostete von 1800 bis 1810 400000 Francs für die erste und 100000 Francs für die zweite Linie. Die Oberfläche von Süd-Beveland beträgt ungefähr 28000, die von Nord-Beveland 3000 Hectaren,

Digitized by Google

und es ſind daher die durchſchnittlichen Unterhaltungskoſten auf der erſten Inſel 15 Francs und auf der zweiten 33 Francs.

Natürlicher Weiſe beſteht ein großer Unterſchied in den Unterhaltungskoſten der verſchieden gelegenen Polder. Die am meiſten ausgeſetzten Küſten, als die von Cadzand, Walcheren und Nord-Beveland, haben die größten Ausgaben; die Deiche an den Mündungen der Schelde, des Rheins und der Maas erfordern viel weniger Unterhaltung, und noch weniger die Deiche an den Küſten, an welchen keine ſtarke Ebbe und Flut ſtattfindet.

Eine Abſchätzung der Oberfläche der Seepolder in Holland kann mit Genauigkeit nicht gemacht werden; denn es iſt ſchwer, mit Gewißheit zu beſtimmen, wo die Polder dieſer Art aufhören. Weil die Polder an der Zuyderſee und an der Nordſee weniger Intereſſe darbieten, ſo begnügen wir uns, eine annähernde Abſchätzung des Flächeninhaltes der Polder des Zeeland'ſchen Syſtems aufzuſtellen:

Küſten der Mancha, von Dünkirchen bis Sluis	82000	Hectaren
Linkes Ufer des Hond von Sluis bis Antwerpen	68000	„
Zeeland, welches in ſich begreift Walcheren, Nord- und Süd-Beveland, Schouven, Duiveland, Tholen	85000	„
Südliches Holland, Overflakken, Goerre, Voorne, Beyerland, Strypen, Yſſelmonde, und das rechte Ufer der Maas ſtromabwärts von Vlaardingen . .	60000	„
Linkes Ufer des Vliet Hollands-Diep von Steenbergen bis zum Biesboſch	50000	„
Summa	345000	Hectaren.

Dieſe Ländereien ſind im Ganzen ſehr fruchtbar an Getreide und Gemüſen aller Art und reich an natürlichen oder künſtlichen Wieſen; Anis und Krapp werden in Menge gebaut. Der reine Ertrag eines Morgens Land wird im Durchſchnitt auf 24 Francs abgeſchätzt, was alſo für eine Hectare vierundfünfzig Francs beträgt; bei den guten Poldern wird dieſe Summe noch weit überſchritten, beſonders in Zeeland, wo man den durchſchnittlichen Ertrag eines Morgens auf 65 Francs anſchlagen kann, ſo daß der ſämmtliche reine Ertrag der Zeeländiſchen Polder zweiundzwanzig Millionen Francs beträgt. Der Verkaufspreis einer Hectare kultivirten Landes in dieſen Poldern iſt durchſchnittlich nicht unter 1400 Francs, und es entſteht daher ein Werth von 480 Millionen Francs für die Ländereien dieſer Polder. Man kann ſich hieraus eine Idee von dem Werthe der Ländereien machen, welche dem Meere durch die oben beſchriebenen Arbeiten abgewonnen wurden. —

Wir gehen jetzt zu den Ländereien über, welche durch mechaniſche Mittel entwäſſert wurden und durch dieſelben trocken gehalten werden.

In allen Provinzen Hollands findet man Polder mit Maſchinen zum Ausheben des Waſſers; doch kann man annehmen, daß Nord- und Süd-Holland, der weſtliche Theil der Provinz Utrecht und der Theil von Brabant, welcher an der Maas liegt, aus ſolchen Poldern beſteht. Die Polder mit Maſchinen, welche man in andern Theilen der Niederlande findet, liegen iſolirt und ſind beziehungsweiſe von geringer Wichtigkeit.

Wir haben oben geſagt, daß die auf künſtliche Art trocken gehaltenen Polder zweierlei Art ſeien, welche man Polder mit alten Ländereien und tiefe Polder nennt. In den erſtern heben Maſchinen das Waſſer höchſtens 1,25 Meter hoch; in den tiefen Poldern beträgt dieſe Hubhöhe gewöhnlich zwei bis vier Meter, doch erreicht ſie aber auch ſieben Meter.

In jedem Falle gießen die Schöpfmaſchinen das Waſſer in die Kanäle, welche das Land nach allen Richtungen durchziehen und ſich in Waſſerbälter münden, deren Größe nach der Oberfläche des zu entwäſſernden Landes beſtimmt wird. Sie kommuniciren mit dem Außenwaſſer durch Schleuſen, deren Thore ſich von ſelbſt öffnen, wenn das Außenwaſſer niedriger als das im Waſſerbehälter ſteht, und ſich im entgegeſetzten Falle auch ſelbſt ſchließen. Ein höchſter Waſſerſtand iſt für jeden Behälter feſtgeſetzt; iſt dieſe Grenze erreicht, ſo wird ein Signal von Mühle zu Mühle gegeben und augenblicklich hören dieſe auf zu arbeiten, bis der Waſſerſtand des Baſſins ſich wieder geſenkt hat.

Die Polder in der Nähe von Flüſſen haben gewöhnlich abgeſonderte Waſſerbehälter von geringer Größe. Dieſes Abſonderungsſyſtem iſt ſehr unangenehm und vermehrt die Unterhaltungskoſten und die Gefahren der Ueberſchwemmung bedeutend. Es iſt in der That

Digitized by Google

leicht begreiflich, daß, je beträchtlicher ein Reservoir ist, welches als Regulator dienen soll, es desto mehr Wasser fassen kann, ohne den höchsten Wasserstand zu übersteigen. Die Unterbrechungsfälle in dem Gang der Maschinen sind also geringer, oder die durchschnittliche Arbeitszeit ist größer für ein großes Reservoir. Man braucht also mehr Maschinen in den Poldern mit kleinen Wasserbehältern; auch sind sie nicht gänzlich vor Ueberschwemmung geschützt.

Aus der unregelmäßigen Anordnung der Wasser behälter folgt, daß die Verwaltung der Polder an den Ufern des Rheins, der Yssel, der Maas, der Merve, der Rotte nichts Zusammenhängendes hat und daß das Studium derselben nicht lehrreich sein kann. Nicht so ist es mit den Ländereien in Nordholland und denjenigen in Südholland, welche nördlich vom Rhein liegen, d. h. von dem ganzen Lande, welches sich an dem Golf des Y ausdehnt. Dieser merkwürdige Theil von Holland ist nach einem einfachen, aber wohlverstandenen Entwässerungsplane trocken gelegt worden.

Die aus den Poldern Nordhollands abfließenden Gewässer sammeln sich in verschiedenen Behältern, deren größter das „lange Meer" ist; die Polder von Südholland und des benachbarten Theils der Provinz Utrecht senden ihr Wasser nach der Amstel und dem harlemer Meer.

Das lange Meer, das harlemer Meer, die Amstel kommuniciren durch Abwässerungsschleusen mit dem Y, welcher wieder von der Zuydersee abhängt, die eine freie Verbindung mit dem Meere hat. Die nachstehende Tabelle zeigt das Verhältniß der Wasserstände dieser Wasserbehälter zu dem Wasserstand in der Zuydersee.

Zuydersee. Amsterdam	Lange Meer	Harlemer Meer	Amstel
1m8 höchstes Meer	Höchster Wasserstand	0m27 höchst. Wasserstand	0m16 höchst.
Mittlerer Wasserstand			
0m4 gewöhnlicher Ebbestand			0m70 niedrigster Wasserstand
1m4 niedrigster Wasserstand	0m73 niedrigster Wasserstand	0m73 niedrigster Wasserstand	

Wie schon oben gesagt, arbeiten die Maschinen in den Poldern jedes Jahr in einer durchschnittlichen Zeit um so mehr, als ein Reservoir, welches ihr Wasser aufnimmt, größere Ausdehnung hat, so daß eine Verminderung in dem Reservoir der jährlichen durchschnittlichen Arbeitszeit einer Maschine gleich ist und daß folglich daraus die Vermehrung der Maschinen folgt, welche die Oberfläche des Landes trocken erhalten, dem dieses Reservoir dient. So arbeiten in verschiedenen Gegenden die Maschinen nur dreißig Tage jährlich, und selbst noch weniger; in andern sind sie nur thätig, wenn der Wind es erlaubt, oder durchschnittlich während 130 Tage in einem Jahre. Da nun z. B. der Wasserstand des harlemer Meeres gesenkt worden, indem man es ausschöpfte, so können alle Polder, von denen dieses Sammelbecken sein Wasser empfängt, nur trocken gelegt werden, wenn man die Zahl der Maschinen bedeutend vermehrt; wenn man aber zu derselben Zeit, wo man den See entwässert, den Eingang des Golfes Y in das Meer durch eine Schleuse schließen möchte, so würde dieser Golf das Hauptsammelbecken der Polder von Nord- und Südholland werden, und man könnte dann ohne Nachtheil alle innern Wasserbecken entwässern, wodurch Holland eine beträchtliche Fläche fruchtbarer Ländereien gewinnen würde. Es ist nicht zweifelhaft, daß dieses Unternehmen ausgeführt sein würde, wenn das Land seinen alten Glanz behalten hätte.

Die holländischen Polder ermangeln überhaupt eines innern Recipienten, wo die Gewässer der Polder sich vereinigen, ehe sie durch die Maschinen gehoben werden. Eine solche Anordnung, welche die Zahl der Maschinen beschränken würde, indem sie dann länger arbeiten könnten, hat den Nachtheil, daß ein Theil der Ländereien aufgeopfert werden müßte, weßhalb man es im Allgemeinen vorgezogen hat, die Zahl der Maschinen zu vermehren und dafür die ganze disponible Oberfläche zu benützen.

Nimmt man eine Specialkarte von Nordholland und aller der Landstriche, welche das Y berühren, zur Hand, so wird man Folgendes bemerken.

Nord- und Südholland sind westlich gegen die Nordsee durch eine Linie zusammenhängender Dünen geschützt, die durch künstliche Anlagen vertheidigt werden, wo sie den Fluten zu stark ausgesetzt oder wo sie zu schwach sind, wie zwischen Kamp und Petten

Digitized by Google

und von dem Helder bis Kalandsoog. Die Gewässer der Zuyderſee und die des Meerbuſens Y werden durch Deiche mit Steindeckungen von dem Kulturlande zurückgehalten. Der Mittelrhein, oder der alte Rhein und die Vechte, welche ſo ziemlich die Ländereien begrenzen, die an das Y ſtoßen, ſind ebenfalls eingedeicht und nehmen ſelbſt noch das Waſſer von einem beträchtlichen Theile des Landes auf. Beide ſind vor hohen Waſſerſtänden durch eine Schleuſe befreit, welche im Rheinkanal (vaarſten Rhyn) angelegt iſt, durch die ſie mit dem Leck verbunden ſind. Eine Schleuſe mit Flutthoren bei Katwyk ſchließt der Nordſee den Eingang in den Rhein; eine gleiche Schleuſe verſchließt die Mündung der Vechte den Gewäſſern der Zuyderſee. Alles zwiſchen den Dünen, der Zuyderſee, dem Rhein und der Vechte liegende Land wird durch Mühlen trocken erhalten. Man erkennt auf der Karte die tiefen Polder, die beſonders in Nordholland ſehr zahlreich ſind, ſogleich an der Länge ihrer Kanäle und an der Regelmäßigkeit derſelben. Die hauptſächlichſten ſind: der Beemſter, der Schermer, der Heer Hugo Waard, der Purmer, der Wormer, das Dwog-Meer, das Diemen Meer, das Bylemer-Meer u. ſ. w.

Die Kanäle, welche die Polder umgeben, nehmen das von den Mühlen aufgenommene Waſſer auf und führen es durch die Hauptabzugskanäle in die Recipienten, die ebenfalls das Waſſer von den alten Ländereien aufnehmen. Dieſe zahlreichen Waſſerbecken, wovon die anſehnlichſten das lange Meer, die Amſtel und das harlemer Meer ſind, ſtehen mit dem Y durch mehrere Kanäle in Verbindung, die bei ihrer Ausmündung in den Golf durch Ablaßſchleußen geſchloſſen ſind. Die hauptſächlichſten dieſer Abzugsgräben ſind für das lange Meer der Kanal von Naauwerna, der Fluß Zaandam und der große Nordkanal. Dieſer im Jahre 1819 begonnene und 1825 beendete, über zehn deutſche Meilen lange Kanal nimmt die größten Handelsſchiffe auf und ſtellt die Verbindung zwiſchen dem Helder und Amſterdam her; er folgt den zur Abwäſſerung der Polder angelegten Kanälen, welche man gehörig vergrößert hat, berührt Alkmaar und Purmerend und mündet, durch eine große Flutſchleuſe Amſterdam gegenüber bei der Buik-Sluis in den Meerbuſen Y.

Die Gewäſſer der Amſtel ergießen ſich durch die Schleuſen von Amſterdem in den Y, die des harlemer Meeres durch die Schleuſen von Halfwege und Sparendam in denſelben Meerbuſen.

Die im alten Lande ausgeführten Arbeiten ſind von ſehr verſchiedener Art, und es würde ſehr ſchwer ſein etwas Allgemeines über dieſen Gegenſtand mitzutheilen.

Dieſe Ländereien ſind durch die Hauptabzugskanäle in Sekzionen getheilt, deren Ausdehnung ſehr verſchieden iſt, ſelten aber über vierhundert Hectaren geht. Abzugskanäle zweiter Ordnung führen das Waſſer zu den Schöpfmaſchinen, welche an den Ufern der Hauptkanäle in dem Verhältniß aufgeſtellt ſind, daß wenigſtens eine Mühle auf fünfhundert holländiſche Morgen kommt.

Die zur Entwäſſerung des alten Landes dienenden Kanäle ſind nicht nach einem Syſtem, ſondern wie es der Zufall gefügt hat, angelegt. In den tiefen Poldern herrſcht dagegen eine regelmäßige Anordnung, welche im Allgemeinen folgende iſt: Wenn man mit der Austrocknung ſolcher Ländereien beginnen will, auf welchen ſo tiefe Waſſermaſſen ſtehen, ſo verſichert man ſich zuvor, ob die Lage und die Bodenart des Landes zur Kultur geeignet ſind, weil im Gegentheil die Koſten hinausgeworfen ſein würden.

Im Allgemeinen findet man in Holland eine ziemlich gute Thonerde, welche mit einer Art ſehr fruchtbarer und oft zur Verbeſſerung der ſchlechten Erde verwendbarer Torferde bedeckt iſt.

Hat man nun gefunden, daß die Austrocknung durch den guten Erfolg belohnt wird, ſo wird ein Plan von dem See aufgenommen, welcher genau die den verſchiedenen Eigenthümern gehörenden Grundſtücke, die Wege, die Brücken u. ſ. w., welche an den Ufern deſſelben liegen, bezeichnet. Eben ſo werden auf dieſem Plane benachbarte Diſtrikte und Polder angegeben, um zu unterſuchen, ob die neue Austrocknung ihren Intereſſen nachtheilig ſei, wobei man immer von dem Grundſatze ausgehen muß, daß durch die Gewinnung neuer Ländereien die alten keinen Schaden hinſichtlich des Waſſerabfluſſes erleiden dürfen. Dieſe Unterſuchung iſt oft von ſehr ſchwieriger Beſchaffenheit und erheiſcht die höchſte Sorgfalt.

Nach dieſer Operazion und nachdem der Plan der Ländereien gemacht iſt, wird die Tiefe des unter Waſſer ſtehenden Bodens im Vergleich zu einem von der Waſſerfläche beſtimmten Niveau gemeſſen und auf

Digitized by Google

dem Plane verzeichnet. Alsdann werden die unter dem obersten, unter Wasser liegenden Boden befindlichen Schichten untersucht, um deren Gattung und Beschaffenheit kennen zu lernen.

Liefern alle diese Untersuchungen ein günstiges Resultat und ist der Boden eben oder nur wenig uneben, wie es gewöhnlich in diesem Lande der Fall ist, so hat man Hoffnung auf das Gelingen der Unternehmung.

Ist aber das Land, welches das auszutrocknende Wasser umgibt, leicht und torfartig, und befindet sich der feste Boden erst in einer beträchtlichen Tiefe, so sind die Deiche großen Senkungen ausgesetzt, und ihr Bau ist sehr kostspielig; das Gegentheil findet statt, wenn das anliegende Terrain von fester Beschaffenheit ist.

Alle auszutrocknenden Bezirke werden ohne Unterschied mit einem Umfangskanal umgeben, welcher zuvörderst zur Aufnahme des Wassers aus dem See dient, weßhalb er auch nach hinreichender Breite und Tiefe angelegt werden muß. Mit andern schon bestehenden Kanälen muß er in Verbindung gesetzt werden, von welchen das Wasser zu den Abwässerungsschleusen geführt wird, welche sich in den Meer- oder Flußdeichen der Bezirke befinden, wo Austrocknungen stattfinden. Die Flüsse und innern Seen müssen als die großen Recipienten betrachtet werden, durch welche das von den Austrocknungen herrührende Wasser vollständigen Abzug findet. Der Umfangskanal dient aber auch zur Schifffahrt, welche vorher auf dem See stattfand und nur durch die Austrocknung unterbrochen wird; ferner werden auf ihm die Produkte des neuen Polders transportirt, wodurch den Bewohnern desselben beträchtliche Vortheile erwachsen.

Unmittelbar längs dieses Kanals wird der Umfangsdeich erbaut. Er ist der wesentlichste, hauptsächlichste Theil der Austrocknung, und von ihm hängt der gute Ausgang der Unternehmung ab; denn in dem Fall, daß dieser Damm nicht widerstandsfähig genug ist oder daß das Wasser durchsickert, ist man unaufhörlich der Gefahr eines neuen Einbruchs des Wassers in den Polder ausgesetzt, oder es werden wenigstens die tiefern Theile des Landes von dem durchgesickerten Wasser bedeckt, und deren Kultivirung wird dadurch verhindert.

Da die Seen in Holland mit den Kanälen und Flüssen, durch welche das Regenwasser abfließt, in Verbindung stehen, so ist es klar, daß, um die Ausschöpfung zu bewirken, diese Verbindung aufhören und die Ausgänge eingedeicht werden müssen. Inzwischen beginnt man mit dem Bau der Deiche und läßt die Verbindung offen, bis die zur Ausschöpfung bestimmten Maschinen in Thätigkeit gesetzt werden können. Alsdann werden alle Oeffnungen, durch welche die innere Wassermasse mit der äußern kommunicirt, mit Deichen geschlossen, welche im Wasser zwischen zwei Faschinenbetten erbaut werden, um das Ausweichen des Deichfußes zu verhindern und dem Sinken des Deiches in diesen Theilen zuvorzukommen.

Ist die Austrocknung ganz oder beinahe beendigt, so werden die Deiche durch innere Böschungen mit großen Anlagen verstärkt, damit sie auch dem Druck des Wassers beim höchsten Wasserstand widerstehen können.

Nachdem der Umfang des auszutrocknenden Bezirks geschlossen ist, wird mit den Wasserschöpfarbeiten begonnen, zu welchem Zweck man gleichzeitig Dampfmaschinen oder Windmühlen anwenden kann, in welcher Hinsicht aber zu bemerken ist, daß die zur Ausschöpfung aufgestellten Maschinen später zur Trockenhaltung des Polders dienen. Man berechnet daher, im Fall man sich der Mühlen bedient, wie viel zu letzterm Zweck nothwendig sein werden, wobei man für 4—500 Hectaren Oberfläche eine stark und gut konstruirte Mühle rechnet. Wenn man also z. B. eine Wassermasse auszutrocknen hat, welche sich auf einer Oberfläche von 3000 Hectaren ausbreitet, so bedient man sich zu diesem Ende sechs, sieben oder acht Mühlen, je nachdem die Verhältnisse mehr oder weniger günstig sind. Es ist hierbei wohl zu verstehen, daß nach Maßgabe als die Höhe beträchtlicher wird, auf welche man das Wasser hebt, man die Mühlen eine über die andere aufstellt. Wenn also das Wasser drei, vier oder fünf Meter aufgemahlen werden soll, so erbaut man die Mühlen in zwei, drei, oder vier Etagen, und um z. B. den Ertrag von sechs Mühlen zu erhalten, müssen deren zwölf, achtzehn oder vierundzwanzig erbaut werden. Werden anstatt Mühlen Dampfmaschinen angewendet, so hat man nur zu berechnen, wie viel Kubikmeter Wasser in einer gegebenen Zeit mit einer Pferdekraft auf eine Höhe von einem Meter gehoben werden können, um zu wissen, wie viel Pferdekräfte zur

Digitized by Google

Ausmahlung einer Wassermasse erforderlich sind, deren Ausdehnung und Tiefe man kennt.

Es ist unläugbar, daß das Aufmahlen einer Wassermasse durch die Kraft des Dampfes viel wirksamer vor sich geht, weil man sich der Mühlen nur bedienen kann, wenn Wind ist. In Bezug auf den Umstand aber, daß nach der Entwässerung des Polders dieselben Maschinen zur Trockenhaltung desselben dienen sollen, erscheint die Aufgabe noch nicht gelöst, zu wissen, ob die Kosten einfacher Dampfmaschinen den Eigenthümern der Ländereien nicht größere finanzielle Schwierigkeiten bereiten oder sie zu stärkeren Beiträgen nöthigen wird als wenn Windmühlen angewendet wurden, bei denen die bewegende Kraft sehr wenige Ausgaben verursacht.

Die Windmühlen, deren man sich in Holland zur Ausschöpfung des Wassers bedient, sind verschiedener Art; die hauptsächlichsten von ihnen sind folgender Gattung:

1. Mühlen mit vertikalen Wurfrädern,
2. Mühlen mit schiefliegenden Wurfrädern,
3. „ „ archimedischer Schraube oder offener Schraube.

Die Mühle mit vertikalen Wurfrädern ist diejenige, welche das Wasser bis zur minder beträchtlichen Höhe erhebt; sie hat aber den Vortheil, daß wenn das Wasser nicht sehr hoch gehoben werden soll, die Kraft verhältnißmäßig zur Last ist; denn, weil die vertikalen Wurfräder das Wasser nicht bis zu einem festgesetzten Punkt aufmahlen, so kann sich die Höhe des Außenwassers verändern, und man kann den niedrigsten Stand desselben benutzen, um einen größern Ertrag zu erhalten.

Die Mühlen mit vertikalen Wurfrädern haben ferner den Vortheil, daß man mit demselben Mechanismus mehrere Räder, das eine auf dieser, das andre auf jener Seite anbringen kann, welche man kuppelt und nach Wunsch in Bewegung setzt.

Sind die Winde stark, so kann man daher, indem man mehr Räder anbringt, das Gewicht nach der Kraft reguliren, was man bei andern Mühlen nur theilweise erreichen kann.

Die Mühle mit geneigtem Wurfrade hat den Vortheil, daß, wenn selbst der Wind weniger Stärke hat, sie dennoch bis zu einem gewissen Grad in Bewegung gesetzt und das Wasser bis zu einer beträchtlichern Höhe aufgemahlen werden kann. Auf der andern Seite mangelt ihr aber der Vortheil, daß man wegen des großen Raumes, den das geneigte Rad einnimmt, mehr als ein Rad anbringen kann.

Die Mühle mit der archimedischen Schraube hat den Vortheil, daß das Wasser zu einer größern Höhe aufgemahlen werden kann, obgleich dazu augenscheinlich mehr Zeit gehört. Auch hat hier die stoßende Bewegung der Schaufeln in den Mühlen mit vertikalen Wurfrädern nicht statt.

Im Ganzen genommen scheint die Erfahrung gelehrt zu haben, daß die hier eben beschriebenen Mühlen so ziemlich von gleicher Nützlichkeit sind. Nur von der Verschiedenheit der zusammen treffenden besonderen Umstände und von der Lage der auszutrocknenden Gegenden hängt es ab, welcher von diesen Schöpfmaschinen man den Vorzug geben will.

Schöpft man das Wasser aus einem Bassin aus, dessen Lage und Wasserstandshöhe sich verändert, und übersteigt die Höhe, auf welche das Wasser aufgemahlen werden soll, nicht einen Meter oder 1m50 Meter, so bedient man sich gewöhnlich der Mühlen mit vertikalen Wurfrädern.

Handelt es sich um eine größere Höhe, z. B. bis zu 2 Meter, so verdient das schiefliegende Schöpfrad den Vorzug; ist aber eine beständige Höhe von 2,5 bis 3,0 Meter vorhanden, so macht man Gebrauch von der archimedischen Schnecke.

Die ausgetrockneten Ländereien in Holland haben in der Regel eine Tiefe von vier bis fünf Meter unter dem Wasserspiegel in dem Umfangskanal, so daß, wenn man sich der Schnecke bedient, man sie in zwei Gängen aufstellt, dahingegen man bei Anwendung der Wurfradmühlen deren drei bis vier hintereinander aufstellen muß.

Zur Aufstellung der Mühlen oder andern Schöpfmaschinen wählt man die am niedrigsten gelegenen Theile des Polders, um die natürliche Disposizion des Terrains zum Abfluß des Wassers gegen diese Maschine hin zu benutzen. Handelt es sich um große Austrocknungsunternehmungen, so ist es immer klug, die Schöpfmaschinen nicht auf einen Platz aufzustellen, sondern dazu verschiedene Plätze zu wählen, damit das in den Abzugsgräben gesammelte Wasser nicht einen zu großen Lauf zu nehmen hat, um zu den Maschinen zu gelangen.

Digitized by Google

Fig. 6. Dampfwasserschaufel

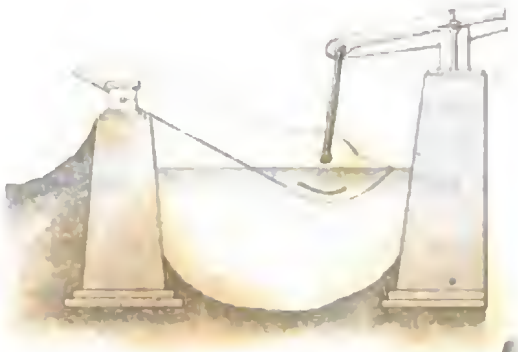


Fig. 5. Teich Montady.

Fig. 2. Zuid Plas Polder

Fig. 1. Noatdorppolder

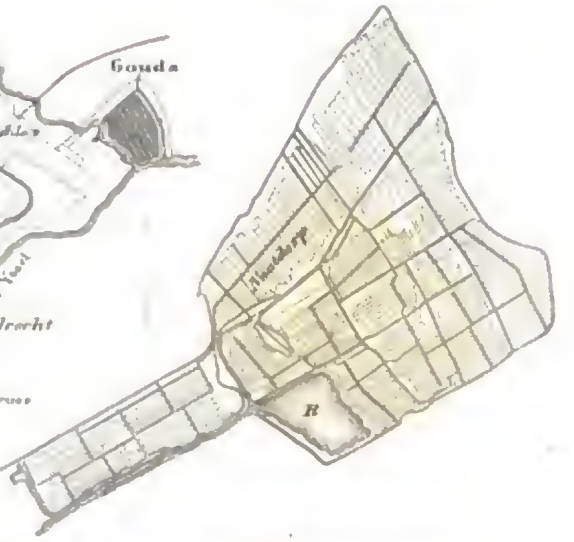
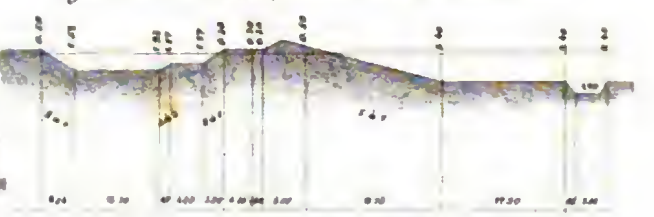


Fig. 4. Schutzdeich des Zuid Plas Polders

Fig. 3. Profil und Umfangskanal des Zuid Plas Polders



Digitized by Google

Digitized by Google

Ereignet es ſich, daß die Austrocknung auf einem unebenen Boden vorgenommen werden ſoll, ſo wird der Polder in getrennte Felder getheilt, deren jedes ſeine Schöpfmaſchine hat, um nach dieſem Umſtande die Hubhöhe zu reguliren, während man in jeder Abtheilung einen beſondern Waſſerſtand für das gewöhnliche Sommerwaſſer annimmt.

Auf dieſe Art wird die Austrocknung in mehrere Sekzionen getheilt, in welchen der Waſſerſtand verſchieden ſein kann, nachdem die Austrocknung beendigt iſt.

Sind die Deiche zweckmäßig erbaut und ſind die Maſchinen gut aufgeſtellt, ſo kann die Austrocknung, wenn die Ausſchöpfung des Waſſers mit Hilfe der Windmühlen geſchieht, in drei bis vier Jahren ſtattfinden. Bedient man ſich der Dampfmaſchinen, ſo kann die Arbeit in weit kürzerer Zeit abgethan werden, weil dieſe Maſchinen beſtändiger arbeiten können. Wenn man aber wahrnimmt, daß das Waſſer durch die Deiche ſickert oder wenn ſich Quellen auf dem zu entwäſſernden Boden zeigen, ſo iſt freilich mehr Zeit erforderlich. Iſt das Terrain vom Waſſer frei, ſo muß man unmittelbar mit den Auswäſſerungsgräben, welche man Alignementsgräben nennt, beginnen, damit das gewöhnliche Waſſer des Polders zu den Mühlen gelange, und eben ſo mit dem Graben der Seitenkanäle vorſchreiten, welche theils zur Zuleitung des Waſſers nach den Alignementsgräben, theils zur Theilung der Grundſtücke dienen.

Dieſe Theilung erfordert viel Sorgfalt und beträchtliche Koſten, wovon man ſich leicht eine Idee machen kann, wenn man bedenkt, daß man in der Regel ungefähr den zehnten Theil des entwäſſerten Terrains zur Anlage der Gräben opfern muß, um dieſen den erforderlichen Rauminhalt zu geben.

Da es für die Agrikultur nothwendig und vortheilhaft iſt, daß die Abzugskanäle nach geraden Richtungen angelegt werden und daß die Felder und Wieſen eine regelmäßige geradlinige Figur erhalten, ſo werden alle Gräben nach geraden und parallelen Linien gezogen, welche wiederum rechtwinklig durch andere geſchnitten werden, auf welche Weiſe die Parcellen lange und ſchmale Figuren bilden, die für den Ackerbau zweckmäßig ſind, weil man auf ihnen beim Pflügen u. ſ. w. nicht ſo oft umzuwenden hat.

Bei der Parcellirung wird auch die gehörige Rückſicht auf die leichte und freie Kommunikazion mit den in der Nachbarſchaft liegenden Städten und Dörfern genommen, zu welchem Zweck der Polder durch Wege geſchnitten wird, welche ſich gewöhnlich längs den großen Abzugskanälen hinziehen.

Der Parcellirungsplan iſt demnach ein Werk von hoher Wichtigkeit, um die Intereſſen der anſtoßenden Gemeinden mit dem Abfluß des Waſſers in Uebereinſtimmung zu bringen

Die erſt vor drei Jahren beendete Austrocknung des 4600 Hectaren enthaltenden Zuidplas zwiſchen Rotterdam und Gouda iſt nach den hier aufgeſtellten Grundſätzen bewerkſtelligt worden. Wenn die Entwäſſerung des harlemer Meeres das rieſenhafteſte aller bisher bekannten Entwäſſerungen iſt, ſo war die des Zuidplas eine der ſchwierigſten, und zwar wegen der großen Tiefe des Waſſers, das mehr als 6m0 hoch aufzumahlen war, weßhalb man außer den in vier Reihen aufgeſtellten Windſchöpfmühlen zwei Dampfmaſchinen errichtet hatte. Fig. 2 Seite 451 iſt der Situazionsplan dieſes Sees mit der Angabe der Parcellirung des Landes, d. h. der kleinen Gräben, welche, indem ſie die Felder trennen, das Waſſer aufnehmen und es in die Hauptkanäle führen, die ſich bis zu den Maſchinen hinziehen. Der Zuidplas iſt wie alle trocken gelegten Sümpfe mit einem Umfangskanal und einem Deich umgeben, deren Profil und Bauweiſe in Fig. 3 und 4 angegeben ſind.

Die Trockenlegung des 1000 Hectaren enthaltenden Polders Root-Dorp bei Haag (Fig. 1 Seite 451) wurde von dem Ingenieur Greeve durch eine Dampfmaſchine und drei Windmühlen bewirkt und erhalten. Die Dampfmaſchine ſetzt auch gleichzeitig oder nacheinander zwei Schrauben in Bewegung, wenn die unterſte das Waſſer der Entwäſſerungskanäle in das Regulirungsbaſſin R hebt, das drei Meter höher liegt. Die Windmühlen oder die zweite Schraube mahlen das Waſſer nach einer andern 2m0 betragenden Höhe auf, damit es ſich in die Kanäle ergieße, welche es zum Meer führen.

Der Affendelver-Veenpolder in der Provinz Nordholland (Seite 457) wurde im Jahre 1803 zum Torfgraben beſtimmt. Da der Torfausſtich im Sommer des Jahres 1845 beendigt war und die Umfangsdeiche des Polders das feſtgeſetzte Profil erreicht hatten, wurde die Auswäſſerung angeordnet und in den

Digitized by Google

Jahren 1846 und 1847 die auf Blatt 673 im Grundriß und Durchschnitt dargestellte, durch Wind in Bewegung zu setzende Wasserschraubenmühle mit einem Kostenaufwande von 27683 Gulden erbaut, durch welche der Polder trocken gemahlen wurde und trocken gehalten wird.

Wenn die Ländereien, nachdem sie ausgetrocknet sind, der Kultur übergeben werden, so besäet man sie, um sie zum Anbau geeignet zu machen, zuerst mit Raps; dann werden sie verkauft, und die neuen Eigenthümer bilden dann unter sich und mit Genehmigung der Regierung eine Polderdirekzion, welcher man alle Bauwerke und Maschinen übergibt.

Die Errichtung der Wohn- und Wirthschaftsgebäude verlangt große Vorsicht. Hat der ausgetrocknete Bezirk eine große Ausdehnung, so erbaut man die Häuser längs der Wege und des Ringdeiches. Hat aber die Austrocknung nur auf einer kleinen Oberfläche stattgefunden, so ist es vorzuziehen, die Häuser bloß längs des Ringdeiches, als des höchsten und folglich des gesundesten Platzes aufzustellen, während man die Feldfrüchte längs des Ringgrabens transportiren kann, anderer mit dieser Disposizion verbundener Vortheile nicht zu gedenken.

Ist ein Polder in Folge eines Deichbruchs durch hohes Fluß- oder Meerwasser überschwemmt worden, so muß natürlich der Bruch sogleich geschlossen und der Polder bei niedrigem Wasserstande des betreffenden Flusses oder des Meeres durch den natürlichen Abfluß des Wassers von diesem befreit werden. Diese Arbeit ist gewöhnlich sehr schwierig und kostspielig, besonders, wenn es sich um einen Meerdeich handelt, wie unter andern in der Provinz Zeeland, wo der Unterschied zwischen Ebbe und Flut sehr beträchtlich ist. Der neu zu errichtende Deich wird dann auf Faschinenbetten gelegt, welche man zu beiden Seiten des Deichflusses versenkt und mit Steinen und Thonerde beschwert; eine mit großen Kosten verbundene und viel Sorgfalt erfordernde Arbeit.

Diese unvollständige, aphoristische Darstellung der Entwässerungsarbeiten der Holländer wird genügen, um die Aufmerksamkeit auf die so berühmten und so wenig gekannten Unternehmungen dieses Volkes zu lenken; Unternehmungen, durch welche diese industriöse Nazion mit einfachen Mitteln, doch mit Umsicht und Beharrlichkeit, den größten und reichsten Theil des von ihr bewohnten Landes schuf und erhielt. —

Entwässerungen in England. — Bei der Austrocknung der englischen Moräste haben die Dampfmaschinen seit einigen zwanzig Jahren die Windmühlen ersetzt. Zwischen Lincoln und Cambridge gab es ehemals 700 Windmühlen; jetzt sind davon nur noch 200 vorhanden. Der Dampfmaschinen in Lincolnshire, einfach wirkende Cornwallismaschinen, sind etwa 70 von je 10 bis 80 Pferdekraft, welche Wurfschaufeln, wovon Fig. 6 Seite 451 ein Beispiel zeigt, in Bewegung setzen und das Wasser von 1m 83 bis 4m 88 und selbst 6m 09 heben. Gewöhnlich sind sie 7m 60 lang, 3m 14 breit und durch eine Wand der Länge nach in zwei Theile geschieden. Eine Maschine von 60 Pferdekraft hebt bei jeder Schwingung 17 Tonnen Wasser hoch. Die mit diesen mechanischen Mitteln entwässerte Oberfläche beträgt nicht weniger als 155832 öster. Joch oder 351666 preuß. Morgen.

III. Entwässerungen durch gebohrte Brunnen oder Senkgruben. — Bei allen vorhergehenden Operazionen wurde vorausgesetzt, daß das Wasser des auszutrocknenden Sumpfes bei seinem natürlichen Gefälle durch einen Kanal ablaufen könne, oder daß es durch mechanische Mittel gehoben werden müsse. In gewissen Fällen aber und wenn die undurchdringliche Schicht des Moraſtes auf einem lockern auffaugenden Boden liegt, so kann man sich von dem Wasser befreien ohne Kanäle oder Maschinen anlegen zu dürfen, indem man die undurchdringliche Schicht durchbohrt oder wirkliche Brunnen anlegt, die man dann mit großen Steinen anfüllt und mit einem Bett von Reisern oder anderm Material bedeckt, das dazu passend ist eine Art von Filter zu bilden, über und in dem die erdigen Theile zurückgehalten werden, welche die Senkgrube schnell verstopfen.

Ein in Bondy angelegter gebohrter Brunnen führte in 24 Stunden 133 Kubikmeter Wasser ab. Durch andere Bohrungen erhielt man ähnliche Resultate.

Die Senkgruben müssen in den niedrigsten Punkten des auszutrocknenden Erdreiches angelegt werden, damit das Wasser durch Rinnen dahin geleitet werden kann. Diese Senkgruben haben 4 bis 8m 0 Tiefe und 2 oder 3m Durchmesser. Man gibt ihnen eine konische Form, wenn der Boden nicht widerstandsfähig genug ist sich mit vertikalen Wänden zu halten. Wenn man die Grube nicht tief genug treiben kann, um die auffaugende Schicht zu erreichen, so macht man

Digitized by Google

im Centrum ein Bohrloch, dessen Röhre sich bis zu einer gewissen Höhe erhebt. Der Raum zwischen dieser Röhre und den Wänden des Bohrloches wird mit rohen Steinen angefüllt, um das Einstürzen zu verhindern, und das Ganze wird wie bereits erwähnt mit flachen Steinen nnd Faschinen bedeckt.

Der hauptsächlichste Nachtheil der Senkgruben besteht darin, daß es unmöglich ist im voraus das Wasserquantum zu bestimmen, welches sie absorbiren, ein Wasserquantum übrigens, das beinahe immer sehr beschränkt ist, weil die erwähnte Bohrung in 24 Stunden kaum das Wasservolum aufnehmen würde, das in derselben Zeit bei einem starken Regen auf eine Hectare Landes gefallen ist. Wir gehen übrigens auf diese Entwässerungsmethode nicht weiter ein, da wir schon mehrere Beispiele davon bei den Drainageoperazionen in dem ersten Abschnitte angeführt haben.

IV. Kolmazionen. — Alle im Vorhergehenden bezeichneten Methoden der Auswässerung der Moräste beruhen auf die Senkung der über dem Boden stehenden Wasserfläche. Begreiflicher Weise kann man dasselbe Resultat erreichen, wenn man die Oberfläche des Terrains über das Niveau des Wassers durch zweckmäßige Ausfüllungen erhöht, welche, außer bei ganz ungewöhnlichen Verhältnissen, sich nicht ökonomischer ausführen lassen, als indem man über den aufzuhöhenden Boden die festen Theile sich absetzen läßt, welche von Wildbächen und Flüssen mit großem Gefälle auf ihrem Laufe herbeigeführt werden. Diese Operazion wird Kolmazion nach dem Worte genannt, womit man sie in Italien bezeichnet, in welchem Lande sie in sehr ausgedehntem Maßstabe ausgeführt wird.

Man erhöht auch niedrige Ländereien durch trübe Gewässer, welche mit sehr fruchtbarem Schlamm geschwängert sind, die die Flut bei jeder Meereszeit an der Mündung der meisten ins Meer mündenden Flüsse mit fortführt.

Alle Kolmazionsoperazionen, das dazu verwendende Wasser möge herkommen, woher es wolle, bestehen darin, das trübe Wasser in so starken Schichten als möglich über das Land zu führen, damit sie die festen Theile absetzen und das klare Wasser abfließt, worauf man dieselbe Arbeit von neuem vornimmt.

Das zu kolmatirende Land wird mit einem Deiche von einer Höhe, bis zu welcher man das Wasser darauf erhalten kann, umgeben. Dieser Deich wird an einer Seite für den Zuleitungskanal und an der stromabwärtigen Seite durch eine Oeffnung geschnitten, die man mit Balken aussetzt, welche ein provisorisches Wehr bilden, das mit dem Ablaßkanal in Verbindung steht. Die Einrichtung muß so getroffen sein, daß man die Balken nach und nach wegnehmen kann, wenn das abgeklärte Wasser abgelassen werden soll. Arbeitet man an den Küsten mit Wasser, das von der Flut herbeigeführt wurde, so sind die dazu nothwendigen Bauwerke etwas komplicirter und können selbst von sehr großer Bedeutung werden, wenn es sich um bedeutende Flächen handelt. Die Umfangswände des Terrains werden durch Aquädukte der Schleusenkanäle durchbrochen, die mit Schützen und manchmal mit Flut- und Ebbethoren versehen sind, um das trübe Wasser bei hohem Meere ein- und das abgeklärte Wasser bei niedrigen Meere abzulassen.

Haben die zu kolmatirenden Ländereien eine sehr große Ausdehnung oder ein unbedeutendes Gefälle, so theilt man die ganze Fläche durch kleine Dämme in eine Reihe von Bassins, in denen sich die Sedimente des Wassers absetzen. Durch diese Theilung verhindert man die Bildung von Wogen, welche dem Niederschlag hinderlich wären, und auf der andern Seite vermeidet man zu große Ungleichheiten in der Wasserhöhe und die unnütze und kostspielige Höherlegung der untern Deiche.

Ist die auszufüllende Tiefe bedeutend, so fängt man, wenn es möglich ist, damit an, das Wasser von Wildbächen darüber zu leiten, welche Geschiebe und groben Kies mit sich führen. Es entsteht dadurch der doppelte Vortheil, daß die Aufhöhung beschleunigt und unter der fruchtbaren Erde ein Unterboden gebildet wird, der eine zweckmäßige Porosität besitzt.

Wenn man in manchen Fällen schneller die Resultate der Kolmazion zu erreichen sucht und der ganze auszufüllende Raum hat eine sehr große Tiefe, so vertheilt man die Wassermasse nicht mit einemmale über die ganze Fläche. Man begrenzt dann durch einen Deich eine gewisse Fläche in der Nähe des Zuleitungskanals. Wenn dieser erste Raum aufgehöht ist, so bebauet man ihn und setzt den Zuleitungskanal über dem auf diese Weise gewonnenen Terrain fort, um eine daran anstoßende Strecke auf dieselbe Art auszufüllen, der dann wieder eine andere folgt, bis der ganze niedrige Distrikt aufgehöht ist.

Bevor man eine Kolmazion unternimmt, muß

Digitized by Google

man eine Unterſuchnng anſtellen, welche Quantität feſter Körper in dem Waſſer ſuspendirt ſind, oder wenn man mit Wildbächen arbeitet, wie viel Tage im Jahre waſſerreiche ſind. Die Beſtimmung der ganzen Quantität der feſten Körper bewirkt man dadurch, daß man etwas Waſſer durch ein ungeleimtes Papier filtrirt; einfacher aber iſt es und vielleicht mit den Erforderniſſen der Praxis übereinſtimmender, wenn man ſich darauf beſchränkt, das Waſſer ſich in einem graduirten Probegefäß oder in jedem andern Gefäß niederſchlagen zu laſſen und das klare Waſſer abzugießen.

Wir beſitzen wenig genaue Angaben über die Quantität des in den verſchiedenen Flüſſen enthaltenen Schlammes; diejenigen, welche wir ſammeln konnten, beziehen ſich meiſtens auf das Ausland. Das Waſſer des Rheins ſoll nur 0,02, das Waſſer gewiſſer engliſcher Flüſſe, z. B. des Trent, bis 0,08 Schlamm enthalten, doch kann man die Genauigkeit dieſer Angaben nicht verbürgen. Das Waſſer der Durance führt bei Hochgewäſſern 4 Kil. 179 und bei mittlerem Waſſerſtande nur 0 Kil. 279 feſter Stoffe pro Kubikmeter mit ſich. Nach den Beobachtungen der hydrometriſchen Kommiſſion zu Lyon enthielt das Rhonewaſſer im Jahre 1844 ein Maximum von 493 Grammen, ein Minimum von 7 Grammen und einen Durchſchnitt von 138 Gr. 8 Niederſchlag pro Kubikmeter. Das Waſſer der Saone enthält höchſtens 100 Gr. 4, mindeſtens 8 Gr. 4 und durchſchnittlich 40 Gr. 0 pro Kubikmeter. Nach Verſuchen, die man mit dem Waſſer der Maas an der Goffbrücke zu Lüttich an allen Tagen des Monats December 1849 vornahm, ergaben ſich folgende Reſultate. Die größte Quantität der in dem Maaswaſſer ſich befindlichen Sinkſtoffe zeigte ſich bei einem Waſſerſtande von 3 m 20 am Pegel des Pont-des-Arches auf 0 Gr. 474 pro Litre, und die kleinſte Quantität auf 0 Gr. 014. Das Mittel des ganzen Monats war 0 Gr. 10 oder $^1/_{10000}$ des Waſſergewichtes. Nachſtehende Tabelle zeigt die Mittel der bei verſchiedenen Waſſerhöhen erhaltenen Reſultate.

Waſſerſtandshöhe der Maas	Menge des bei 100° getrockneten Niederſchlags pro Litre Waſſer	Zahl der beobachteten Tage
1 m 25 bis 1 m 50	0 Gr. 0447	4
1 60 „ 2 00	0 0499	15
2 10 „ 2 50	0 1062	7
2 75 „ 2 88	0 1492	2
3 15 „ 3 25	0 3795	3

Wir werden auf dieſe verſchiedenen Reſultate bei Gelegenheit der Schlammabſetzungen bei den Bewäſſerungen wieder zurückkommen. —

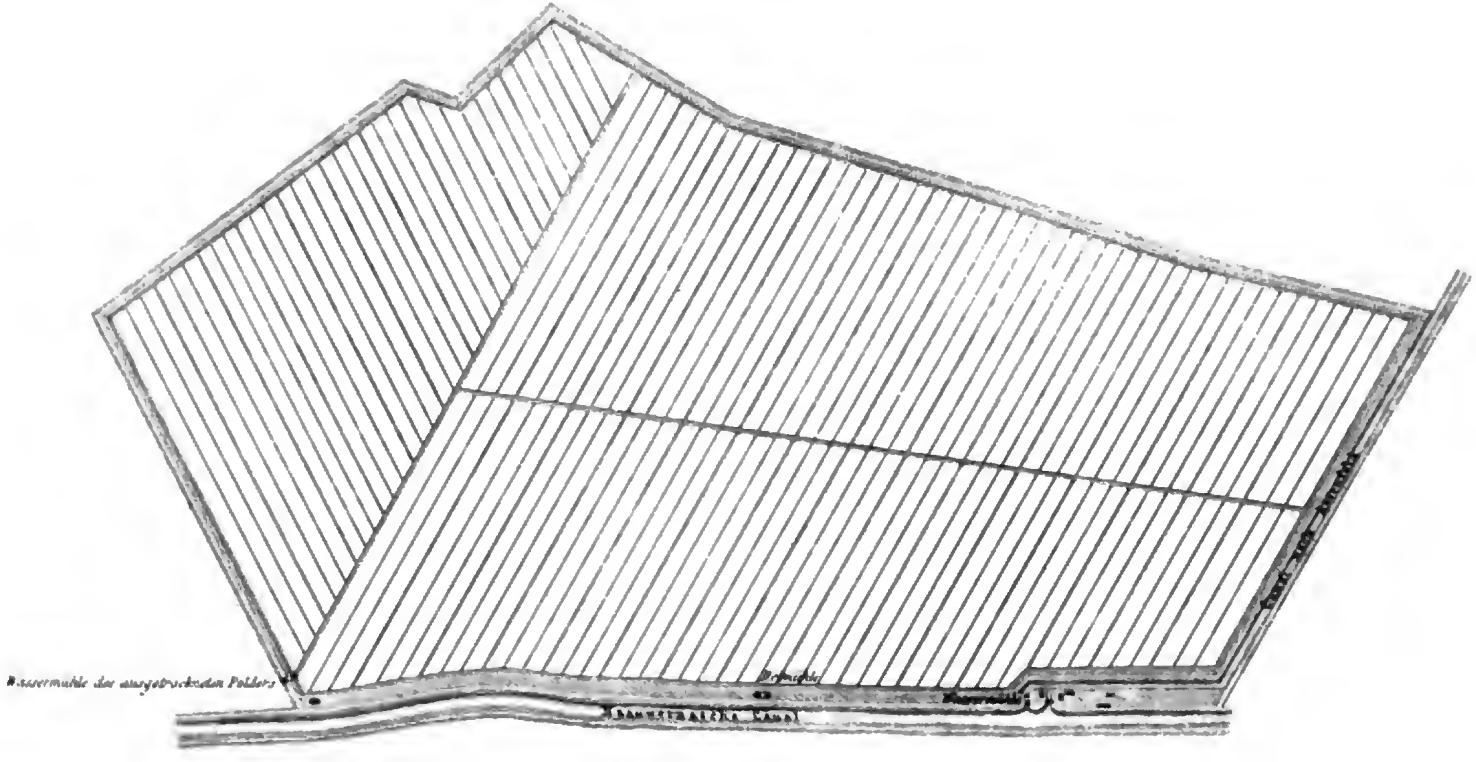
Iſt man über die Waſſermenge im Reinen, welche man über das Terrain führen kann, und kennt man die Quantität der darin ſich aufhaltenden Sinkſtoffe, ſo kann man die Zeit berechnen, welche zur Aufhöhung des Terrains erforderlich iſt, und daraus die wahrſcheinlichen Reſultate ableiten. Es bleibt dann nichts mehr übrig als die Deiche ſo wie die Zuleitungs- und Ableitungskanäle anzulegen. Das Gefälle der Zuleitungskanäle muß ſo ſtark ſein, daß ſich in den letztern kein Niederſchlag bilden kann, und es muß daher die Geſchwindigkeit des Waſſers zwiſchen 0 m 10 mindeſtens und 0 m 80 höchſtens betragen, je nachdem die betreffenden Wildbäche oder Waſſerläufe ſeinen Schlamm, Sand oder Kieſel mit ſich führen.

In manchen Fällen erhält man in Folge von Flußregulirungen zum Behuf der Schifffahrt indirekt die ſchönſten Erfolge für die Kolmazion: ein natürliches Reſultat von Anordnungen, deren urſprünglicher und hauptſächlichſter Zweck nicht der letztere war. So haben ſich bei den Bauten an der Mündung der Seine hinter den aus trocknem Mauerwerk errichteten Dämmen, welche das Fahrwaſſer einſchließen, in einigen Jahren ſehr ausgedehnte Verlandungen gebildet, welche Ländereien von größter Fruchtbarkeit abgeben werden. Sie enthielten im Monat Auguſt 1850, als wir jene Gegend beſuchten, auf dem linken und rechten Seineufer zuſammen 1406 Hectaren.

Wenn die örtliche Beſchaffenheit es geſtattet, ſo beſchleunigt man die Aufhöhung eines Terrains oft dadurch, daß man in die Zuleitungskanäle die Erde führt, welche man längs derſelben ab- oder ausgraben kann. Das Waſſer wird dann durch breite Durchſtiche über das zu erhöhende Terrain geleitet, wo es ſich in dünnen Schichten verbreitet und den größten Theil der Sinkſtoffe abſetzt, die es enthält. Schneller noch kömmt man hierbei zum Ziel, wenn man von Strecke zu Strecke quer durch die Strömung Reihen von Faſchinen legt, die mit Pflöcken befeſtigt ſind, durch welche das Waſſer gewiſſermaßen filtrirt und zur Ruhe gebracht wird, damit die Niederſchläge leichter niederfallen; der Boden, über den man das Waſſer auf dieſe Art führt, darf kein größeres Gefälle als 0 m 004 bis 0 m 005 pro lauf. Meter haben, weil er ſonſt durch die Strömungen des

Digitized by Google

Assenfelder Veen. Polder in Holland.



Allgem. Bauzeitung 1854

0 100 200 300 400 500 1000 Meter

Digitized by Google

Waſſers eingeſchnitten würde und die Niederſchläge ſich nicht bilden könnten.

Wir gehen hier nicht weiter in die Kolmazionsoperazionen ein; durch einen kaum bemerkbaren Uebergang verwandeln ſie ſich in Verſchlämmungen, die nichts anderes als Kolmazionen mit ſehr dünnen Schichten fruchtbarer Stoffe ſind und welche wir Gelegenheit haben werden bei dem Abſchnitt über die Bewäſſerungen näher zu betrachten.

V. Eindeichung der Kanäle und Uferſchutzbauten. — Es kann unſere Abſicht nicht ſein, hier von großen Deichanlagen und von Bauten zum Schutz der Ufer großer Flüſſe und des Meeres zu reden, ſondern wir werden nur die Arbeiten dieſer Art berühren, ſo weit ſie die Entwäſſerungen und die Vertheidigung kleiner Waſſerläufe auf den Ländereien des Landwirthes betreffen.

Die kleinen Waldſtröme und Bäche mit ſtarken Gefällen unterliegen um ſo eher gefährlichen Ueberſchwemmungen, als der Boden der Thäler, die ſie durchziehen, abſchüſſiger iſt und die Gewäſſer auf demſelben eine ſolche Geſchwindigkeit erreichen, daß ſie den Saamen, den Miſt und die Früchte, ja manchmal ſelbſt den größten Theil der fruchtbaren Erde mit hinweg führen. Wir übergehen für der Augenblick die Urſachen der Ueberſchwemmungen und der dagegen oder zur Schwächung ihrer Wirkungen dienlichen Maßregeln. Das einzige Mittel für den Landmann, ſeine Ländereien vor den Verwüſtungen des Waſſers zu ſchützen, beſteht in der Anlage zweckmäßiger jedoch mit Oekonomie verbundener Deiche.

Die Richtung der Deichlinien erfordert die größte Aufmerkſamkeit. Sie muß aus geraden durch Krümmungen von großen Halbmeſſern verbundenen Linien beſtehen. Durch die Deichlinien ſoll die allgemeine Richtung der Waſſerläufe eingeſchloſſen werden, ohne daß ſie indeſſen den ſcharfen und unregelmäßigen Biegungen derſelben folgen dürfen, wodurch ſich Waſſerwirbel erzeugen würden, welche dieſe Werke angreifen und ihre Vernichtung erleichtern müßten. Die Entfernung zwiſchen den beiden parallelen Deichen des Baches hängt von der Waſſermaſſe ab, die zwiſchen ihnen ablaufen ſoll. Der zwiſchen dem Deichfuße und dem Flußufer liegende Raum ſoll aus Wieſen mit dichtem Raſen beſtehen, damit keine Ausſpülungen zur Zeit des Hochwaſſers entſtehen können. Die Ausläufer der Deiche müſſen mit dem der Ueberſchwemmung nicht ausgeſetzten Terrain feſt verbunden werden, was eine ganz beſondere Sorgfalt erfordert, damit das Waſſer die Deiche nicht umgehe und ſie in kurzer Zeit zerſtöre.

Die wohlfeilſte und für landwirthſchaftliche Zwecke geeignetſte Konſtrukzionsweiſe der Deiche beſteht darin, daß man ſie von Erde oder Kies aufführt, die man mit vegetabiliſcher Erde bedeckt oder mit Raſen belegt, und ihre Krone mit einer Hecke von Dornen oder anderm ähnlichen Buſchwerk bepflanzt. Die Dimenſionen der Deiche, um die es ſich handelt, hängen von der Höhe dieſer ab; für diejenigen Deiche, welche keine größere Höhe als 2 bis 3 m 0 haben, nimmt man gewöhnlich eine Kronenbreite von 0 m 50 bis 0 m 60 mit einer 1½ oder 2 füßigen Böſchung an der Außen- und 1 oder 1½ füßigen Böſchung an der Binnenſeite an. Stehen geübte Arbeiter zu Gebote, ſo erſetzt man die gerade Böſchung der Außenſeite durch eine gekrümmte, deren Linie ſich beſſer an das natürliche Terrain anſchließt. Hat man nun die Deichlinie ſo wie die Höhe und das Profil des Dammkörpers beſtimmt, ſo ſchlägt man von 20 zu 20 Meter Abſteckſtangen in den Boden, deren Köpfe 0 m 50 über die Linie des höchſten Waſſerſtandes reichen und die innere Kante der Dammkrone bezeichnen. Rechts von jeder dieſer Abſteckſtangen ſchlägt man zwei Pfähle für den Fuß der Böſchung ein; derjenige dieſer Pfähle an der Fluß- oder Außenſeite wird in einer Entfernung von der Abſteckſtange eingeſchlagen, welche zweimal der Höhe dieſer Stange gleich iſt, wenn man eine zweifüßige äußere Böſchung angenommen hat. Die Entfernung des andern Pfahls von der Abſteckſtange erhält man, wenn man zu der Breite an der Krone 1½mal die Höhe der Abſteckſtange ſelbſt hinzurechnet.

Iſt die Abpfählung auf dieſe Weiſe vollendet, ſo ſticht man den Raſen und einen Theil der fruchtbaren Erde nach der ganzen Breite des Deichfußes (das Maifeld) aus und wirft ſie nach jener Seite hin, welche damit bekleidet werden ſoll. Dann wird das Material zu dem Deichkörper herbeigeſchafft und man trägt es nach den abgeſteckten Profil mit Abzug der ſpätern Erd- oder Raſenbekleidung in Lagen von 0 m 20—0 m 30 auf, indem man eine jede derſelben tüchtig ſtampft und wenn es erforderlich iſt ſie dabei benäßt. Hat man Kies zur Dispoſizion, ſo iſt es ſehr zweckmäßig einen Kern davon in der Mitte des Deiches aufzuführen und ihn

Digitized by Google

in das natürliche Terrain einzuschneiden, um dadurch das Durchwühlen des Dammkörpers von den Maulwürfen zu verhindern, deren Verwüstungen bei den Werken dieser Art traurige Folgen nach sich ziehen. Eben so kann man bei den Deichen, deren Solidität von größter Wichtigkeit ist, über eine Schicht Erde eine Schicht Kies von gleicher Stärke ausbreiten, welche man so lange stampft, bis der Kies ganz in die Erdschicht eingedrungen ist. Darüber schüttet man wieder eine Schicht Erde und auf dieselbe abermals Kies, den man einstampft. Auf solche Art fährt man fort, bis das ganze Profil hergestellt ist. Bei schwierigen Ausführungen solcher Werke und wo man eine geringe Erhöhung der Kosten nicht zu scheuen braucht, kann man die mit Kies oder Sand vermischte Erde statt mit reinem Wasser mit einer Kalkmilch vor dem Stampfen benässen, auf welche Weise man außerordentlich dichte Massen hervorbringt.

Ist nun der Deich auf die eben angedeutete Art hergestellt, so bedeckt man ihn mit der zur Seite abgelegten vegetabilischen Erde und stampft sie ebenfalls tüchtig; darüber legt man Rasen, die man vom Maifelde oder irgend einem andern Orte ausgestochen hat.

Damit man die zur Konstrukzion des Deiches nothwendige Erde nicht weit zu transportiren hat, gräbt man gewöhnlich hinter dem Deiche einen breiten Graben in den Ländereien aus, der aber nur eine geringe Tiefe erhält und mit dem anstoßenden Lande durch eine krumme Linie verbunden ist, was den Vortheil hat, daß die Fläche des Grabens der Kultur nicht entzogen zu werden braucht.

Ist der Boden, worauf man einen Deich anlegt, sehr porös und man müßte befürchten, daß das Wasser unter dem Deich durchsickerte, so schneidet man auf gewisse Tiefe und Breite einen Graben in das Maifeld ein, den man mit guter Erde ausfüllt und solche gehörig feststampft wie bei dem ganzen Deiche.

Befürchtet man ein Hochwasser, bevor die Bekleidungsrasen gehörig festgewachsen sind, so befestigt man sie vermittelst Pflöcke von Zweigen, die man in den Dammkörper einschlägt, oder auch mit langen darüber gelegten Würsten, welche man von Strecke zu Strecke mit Pflöcken annagelt. Man kann auch Oekonomie mit den Rasen machen, indem man sie nicht aneinander setzt; die Räume dazwischen begrasen sich sehr leicht, wenn die Jahreszeit passend dazu ist und wenn man die Rasen gut geschlagen hat, damit sie an ihren Rändern auswachsen.

Von Strecke zu Strecke ist es nothwendig kleine hölzerne mit Klappen geschlossene Röhren durch den Deich zu legen, damit das hinter dem Deiche sich ansammelnde Regenwasser oder das Wasser von kleinen Bächen abgelassen werden kann.

Die Deiche, welche längs der Meeresküsten errichtet werden, um die dahinter liegenden Ländereien vor Ueberschwemmungen zu schützen, haben viel größere Dimensionen als die, von denen so eben die Rede war.

Ihre Kappe muß ziemlich hoch über die höchsten Meeresfluten reichen, damit sie von den Wogen nicht beschädigt werden kann. Die äußere Böschung (die, welche gegen das Meer gerichtet ist) muß sehr gering sein und zwar in der Regel 4 bis 6 auch noch mehrfüßig; die innere Böschung kann $1^1/_2$füßig sein. Hinter der festgesetzten Deichlinie wird ein Graben eröffnet, dessen Material man zur Bildung des Deiches benutzt. Die Gründung dieser Deiche muß, wenn das Terrain nicht fest ist, ziemlich tief sein, damit jedem Unfall vorgebeugt werde. Die Art der Aufführung des Deiches hängt von der Art des zu Gebote stehenden Materials ab; der Dammkörper ist beinahe immer von Erde oder Kies; dagegen ist die Beschaffenheit der Bekleidung unendlich verschieden, denn einmal wendet man Steine als gepflasterte Böschung oder als Steinwurf an; das andere Mal nimmt man dazu Faschinen- oder Flechtzäune, und noch in andern Fällen schützt man den Deich und befestigt ihn von Strecke zu Strecke durch Spornen von mehr oder minder komplizirter Konstrukzion. Die Ausführung dieser Werke ist mit vielen Schwierigkeiten verbunden und erfordert viele Vorsichtsmaßregeln, weßhalb sie auch nur erfahrenen Ingenieuren überlassen werden kann. —

Die Gewässer der Wildbäche beschränken sich nicht immer darauf sich in stärkeren oder schwächeren Schichten oder mit größerer und geringerer Geschwindigkeit über die Terrains auszudehnen, die sie überschwemmen. Oft greifen sie ihre Ufer an, selbst bei niedrigem Wasserstande, und entziehen nach und nach mehr oder minder beträchtliche Flächen dem Landbau. Die auf solche Art angegriffenen Ufer können durch Steinwürfe, Steinböschungen, Faschinenpackwerke u. s. w. vor weiterm Abbruch geschützt werden; wir berühren hier jedoch nur die einfachsten und mindest kostspieligen Werke dieser Art, diejenigen mit einem Worte, welche der Privat-

Digitized by Google

mann auf ſeinem Grund und Boden auszuführen haben kann, um die von dem Waſſer der über ſeine Ländereien fließenden Bäche angegriffenen Stellen auszubeſſern.

Oft begnügt man ſich damit, die abbrüchigen Ufer an ihrem Fuße mit Steinwürfen zu verſichern, oder ſie ſanft abzuböſchen und über einer Lage von Kies mit Steinen zu bepflaſtern. Dieſe beiden Methoden erfordern indeſſen eine beſtändige Unterhaltung und ſind auch oft zu koſtſpielig, um überall angewendet werden zu können. Im Allgemeinen iſt es angezeigt am Fuße des Ufers und etwas vor dem angegriffenen Ufer eine Reihe von ſtarken etwas geneigt geſtellten Pfählen einzuſchlagen, die man durch Flechtwerk von Weiden oder anderm Buſch miteinander verbindet; den Raum zwiſchen dem Flechtwerk und dem Ufer füllt man mit Steinen oder feſter Erde aus, deren ebene Fläche eine ſanfte Böſchung erhält, die man mit Raſen bekleidet und ſie mit dem anſtoßenden Lande verbindet. War die zerſtörende Wirkung des Stromes ſehr ſtark, ſo ſchlägt man eine doppelte Reihe von Pfählen mit einem Zwiſchenraum von 0m 80 bis 1m0, den man mit ſtarkem feſt geſtampftem Kies ausfüllt. Dieſe Pfähle macht man gewöhnlich aus Weidenäſten, welche im Waſſer gut auswachſen und nach Verlauf von einiger Zeit eine ſehr widerſtandsfähige lebendige Hecke bilden. Das Flechtwerk ſelbſt kann mit dem Ufer in Verbindung geſetzt werden, und alsdann erhält das ganze aus lebendigen Vegetabilien beſtehende Werk eine immer größer werdende Feſtigkeit. Iſt das Terrain etwas feſt, ſo iſt es paſſend mit einem eiſernen Pfahl die Löcher für die Holzpfähle vorzuſchlagen.

Liegt das angegriffene Ufer über einem ſteinigen Terrain, in welches die Pfähle nicht eindringen können, ſo ſtreckt man eine hinreichend ſtarke Faſchinenlage längs dem Fuße des Ufers und beſchwert ſie mit Steinen und Kies; in dieſe leicht durchdringliche Maſſe ſchlägt man die Pfähle für das oben gedachte Flechtwerk ein. Nicht immer iſt es nothwendig, den Raum zwiſchen dieſem Bollwerk und dem Ufer auszufüllen, denn häufig iſt die lokale Beſchaffenheit ſo, daß das Waſſer in dieſem abgeſchloſſenen Raume bei hohem Stande die Sinkſtoffe abſetzt, welche es mit ſich führt, wodurch der leere Raum ſehr ſchnell ausgefüllt wird.

Alle ſolche Anlagen müſſen indeſſen mit großer Vorſicht hergeſtellt werden, damit von Seiten der übrigen Flußanwohner keine Klagen erhoben werden können.

L. Mai.

Der eiſerne Dachſtuhl der Douane „aux Marais“ in Paris.

(Mit Zeichnungen auf Blatt **668** bis **673**)

Von allen im Bauweſen angewendeten Materialien iſt das Eiſen das einzige, welches durch ſeine leichte Dehnbarkeit und ſeinen außerordentlichen Reichthum der Baukunſt die größten Dienſte zu leiſten beſtimmt iſt. Es liegt bereits offenkundig vor uns, welchen Gewinn der Handel und die Induſtrie aus der Anwendung des Eiſens auf Hängebrücken, Eiſenbahnen, Zimmerdecken, Dachſtühlen u. ſ. w. gezogen haben, und unermeßlich ſind die Vortheile, die man noch daraus ziehen kann, wenn man alles das, was bisher von Holz ausgeführt wurde, durch Eiſen zu erſetzen bemüht iſt. Wir glauben zur Beförderung der Einführung des Eiſens ein Schärflein beizutragen, wenn wir von Zeit zu Zeit Zeichnungen, Beſchreibungen und gemachte Erfahrungen von ausgeführten Eiſenkonſtrukzionen mittheilen und dabei beſonders die Darſtellung der Details in größerem Maßſtabe geben als es gewöhnlich gebräuchlich iſt, um dieſe Konſtrukzionen auch denjenigen, welche ſolche nicht ſchon an Ort und Stelle oder auf andere Weiſe zu ſtudiren Gelegenheit hatten, verſtändlich und zugänglich zu machen; außerdem hat die Darſtellung in größerm Maßſtabe auch noch den Vortheil, die Vorzüge des einen Syſtems vor dem andern anſchaulicher zu zeigen und die Berechnung der Koſten zu erleichtern.

Die Wichtigkeit mancher metallenen Konſtrukzionstheile in den Gebäuden wurde bereits im Alterthum anerkannt; die Bronze war lange Jahrhunderte hindurch das Eiſen der Alten, und bei den älteſten Bauten der Aegypzier findet man ſie angewendet. Bei den Griechen war ſie ſehr gewöhnlich; der Kalkiökos in Lakedämonien war ein der Minerva gewidmeter

Digitized by Google

und von dem berühmten Gitiades, der zugleich Dichter, Bildhauer und Architekt war, um 750 v. Chr. erbauter Tempel von Bronze; alle ſichtbaren Theile deſſelben waren von oben bis zu den Säulenbaſen ganz mit bronzenen Platten verkleidet, die mit mythologiſchen Skulpturen bedeckt waren. Pauſanias berichtet, daß bei dem dritten Wiederaufbau des Apollotempels zu Delphi der ganze Bau aus Kupfer ausgeführt wurde, „was nichts Erſtaunenswerthes ſei, fügt er hinzu, denn Akriſtos hatte ein kupfernes Zimmer für ſeine Tochter, und in Sparta ſähe man ja noch heutigen Tages den bronzenen Tempel der Minerva Kalkiökos; in Rom aber habe der Markt, der wegen ſeiner Größe und Zierrathen bewunderungswürdig iſt, ein Dach von Erz. Der Dachſtuhl des Pantheon war ebenfalls von Bronze, und dem Serlio zufolge, der ihn geſehen, waren ſeine verſchiedenen Beſtandtheile hohl und nach Art der Hölzer miteinander verbunden. Auch die Bedeckung der Dächer wurde von ſolchem Metalle ausgeführt; der Tempel der Veſta in Rom hatte bronzene Ziegel. In der ganzen alten Welt ſtanden die mit Metall errichteten Gebäude in Anſehen. Als ſpäter nach dem Einfalle der Barbaren während der langwierigen und ſchwierigen Geburt einer neuen Geſellſchaft das Mißgeſchick der Zeiten Handel und Induſtrie in Feſſeln legte, wurde die Behandlung des Kupfererzes vergeſſen, und ſelbſt die Orte kannte man nicht mehr, wo man es gefunden. Gehen wir indeſſen hier nicht auf die wieder in Aufnahme gekommene Kunſt der Bearbeitung des Kupfers ein, da wir uns hier nur mit der Anwendung des Eiſens zu beſchäftigen haben, wodurch es heut zu Tage erſetzt wird, denn das Gußeiſen beſitzt die hauptſächlichſten Eigenſchaften der Bronze.

Beſonders wichtig iſt die Anwendung des Eiſens in Bezug auf die Feuerſicherheit der Gebäude, denn es laſſen ſich jetzt Dachſtühle, Fußböden, Treppen, Fenſter und Thürzargen, ja die Fenſterrahmen und Thüren ſelbſt aus dieſem Metalle herſtellen, wodurch die Abwendung der Feuersgefahr verbürgt wird und ſicherlich in dieſer Beziehung eine gänzliche Revoluzion ſtattfinden wird, wenn der Preis des Eiſens, der jetzt bei dem Bau ſo vieler Eiſenbahnen geſtiegen iſt, wieder gefallen ſein und der immer fühlbarer werdende Holzmangel den Baumeiſter nöthigen wird ſich nach Erſatz deſſelben umzuſehen.

Zu den fehlerhafteſten Gewohnheiten und Konſtruk-

zionsweiſen gehört in vielen Ländern die Anwendung des Holzes zur Ueberdeckung der Thür- und Fenſteröffnungen mit Holz, und es wäre zu wünſchen, daß die Behörden überall darüber wachten, dieſe tadelnswerthe und nachtheilige Methode zu verdrängen und ſie durch eiſerne Ueberdeckungen zu erſetzen, welche vor den hölzernen den Vortheil der größern Widerſtandsfähigkeit und Dauer haben. An manchen Orten wurden ſie auch ſchon vor mehreren Jahren in Anwendung gebracht, und zwar machte man ſie aus Schmiedeiſen, was aber in ökonomiſcher Beziehung nicht zu billig war, denn nicht allein, daß die Dimenſionen der einzelnen Theile dieſer Querbalken oft nicht im Verhältniß mit ihrer Funkzion ſtanden, ſondern auch die Beſchaffenheit des verwendeten Metalles geſtattete es ohne zu große Koſten nicht, die Querſchnitte der hauptſächlichſten Theile auf eine vortheilhafte Weiſe zu modificiren, was wir mit einigen Worten berühren wollen. Bei einem ſteifen Apparat widerſtehen die Theile, aus denen er zuſammengeſetzt iſt, gewöhnlich auf zwei ganz verſchiedene Arten, indem die einen gedrückt, die andern ausgedehnt werden; die rückwirkende Widerſtandsfähigkeit des Schmiedeiſens bei Gegenſtänden von geringer Höhe beträgt 1000 Kilogr. pro Quadratcentimeter, und die des Gußeiſens unter gleichen Umſtänden beinahe das Doppelte, nämlich 2000 Kilogr., und da nun z. B. in Paris der Sandguß für dieſe Art von Artikeln pr. Kilogr. 40 Centimen, das Kilogr. Schmiedeiſen aber 90 Centimen koſtet, ſo folgt daraus, daß, wenn man die Module der Widerſtandsfähigkeit mit den Koſten der beiden Metallſorten kombinirt, es ſich heraus ſtellt, daß um ein und demſelben Druck mit Schmiedeiſen oder Gußeiſen zu widerſtehen, die Koſten ſich wie 9 : 2 verhalten werden. Vergleicht man nun die Widerſtandskoefficienten zu der Ausdehnung oder dem Längenzuge des Schmied- und des Gußeiſens, ſo ſieht man, daß der Vortheil zu Gunſten des Schmiedeiſens ſpricht, weil die Werthe der Koefficienten in dem Verhältniß wie 1 : 2 ſtehen. Es geht alſo aus allen dieſem hervor, daß man bei eiſernen Ueberdeckungen wohl daran thut die Theile, welche dem Drucke zu widerſtehen haben, aus Gußeiſen, die aber, welche der Zugkraft der Länge nach ausgeſetzt ſind, aus Schmiedeiſen herzuſtellen.

Die Anwendung des Eiſens für öffentliche wie für Privatgebäude findet jetzt nirgends in ſolcher Ausdehnung ſtatt als in Paris, wozu auch der Umſtand be-

Digitized by Google

deutend mitwirkte, daß daſelbſt vor einigen Jahren ſämmtliche Zimmergeſellen eine Arbeitsrenitenz zeigten, in Folge welcher alle Bauarbeiten aufhörten und die daſigen Conſtructeurs, Architekten und Ingenieurs veranlaßt wurden, Guß- und Schmiedeiſen dem Holze zu ſubſtituiren, wo es nur irgend möglich war.

Hauptſächlich aber iſt es die Feuerſicherheit, welche es wünſchenswerth macht, daß man zum Bau der Dächer und Decken ſich der Eiſenkonſtrukzionen bedient. In Frankreich war es der Architekt Louis, welcher im Jahre 1787 das Eiſen zur Bedeckung des Theatre français verwendete. Den zweiten Verſuch machte Bellangé im Jahre 1811 als es ſich darum handelte, die Kuppel der Getreidehalle in Paris, welche von Legrand und Molinos von Holz erbaut und im Jahre 1802 abgebrannt war, wieder aufzurichten. Louis und Bellangé hatten zu viele Nachahmer, als daß es möglich war ſie alle herzunennen, und nur einer davon möge hier genannt werden, der Architekt Gréterin, welcher, als es ſich vor kurzem um die Bedeckung des Hofes der Douane von Paris handelte, einen Konkurs unter den geſchickteſten Schloſſern von Paris, und zwar nicht für die Ausführung, ſondern für die Kombinazion des Daches eröffnete, das die verſchiedenen Gebäude der Douane in Verbindung bringen ſollte. — Das Programm des H. Gréterin ſtellte Bedingungen, deren Erfüllung mit gewiſſen Schwierigkeiten verbunden war, z. B. mußte man ſich in Betreff der Höhe nach den beiden rechts und links des Hofes liegenden Waarenmagazinen richten, was die Anwendung eines Syſtems von ſehr gedrücktem Bogen bedingte, ſo daß der zu bedeckende Raum ganz frei wurde, wovon die Folge wiederum war, daß jede Art von eiſernen Zugbändern über die Spannweite wegfallen mußte. Der Konkurs fand ſtatt, und es wurde das Modell des Herrn Travers gewählt, welchem geſchickten Conſtructeur auch die Ausführung dieſer intereſſanten Arbeit anvertraut wurde.

Ueber die glückliche Konzepzion und die ſinnreiche Verbindung dieſes ſchönen Dachwerkes läßt ſich den vor uns liegenden Zeichnungen auf Blatt **668**—**673** nichts weiter hinzufügen, da unſere geehrteſten Leſer hierüber ſelbſt urtheilen können. Zur Erklärung der die allernothwendigſten Dimenſionen nachweiſenden Zeichnungen diene Folgendes:

Blatt **668** iſt der Querſchnitt des Hofes der Douane oder der Querſchnitt eines der ſechs auf den vorſpringenden Pfeilern E ruhenden Dachgebinde, das zwiſchen den Mauern eine Spannung von 36m05 und eine Bogenhöhe von 9m20 von der Sohlplatte bis zur Unterkante des eiſernen Bogens hat; jedes Gebinde beſteht aus 2 elliptiſchen beinahe koncentriſchen Kurven, die unter ſich und mit den Dachſparren durch 14 Querſtreben und eine Hängſtange feſt verbunden ſind. Blatt **669** zeigt den Längendurſchnitt des Hofes und ſeiner Ueberdeckung; auf Blatt **670** ſieht man die obere Anſicht des verglaſten Daches und zugleich den Grundriß des Hofes der Douane; auf demſelben Blatte ſehen wir die Details eines Dachbinders nach Litt. E auf Blatt **668**, und zwar iſt Fig. 1 der Querſchnitt des Dachbinders, deſſen Sohlplatte auf einem von Hauſteinen hergeſtellten und mit Gliederungen verzierten Sockel liegt; Fig. 2 iſt die vordere Anſicht dieſes Gebindes; Fig. 3 iſt die obere Anſicht der Sohlplatte und des Tragpfeilers; Fig. 4 iſt der Aufriß des Strebebandes M nach der Linie PP' in Fig. 1. — Blatt **671** Fig. 1—3 iſt die Verbindung des Firſtes und die Längenverbindung des ganzen Daches, und zwar Fig. 1 die Anſicht bei F auf Blatt **668** und Fig. 2 die Anſicht bei F auf Blatt **669**; Fig. 3 zeigt die Verbindung der Firſtpfette mit dem Spannungsbogen H auf Blatt **669**; Fig. 4 und 5 iſt die Verbindung des vierten mit D auf Blatt **668** und **669** bezeichneten Strebebandes, das den Spannungsbogen aufnimmt, und zwar Fig. 4 nach der Länge, Fig. 5 nach der Quere geſehen; Fig. 6 iſt die Verlängerung des auf Blatt **668** und in Fig. 1 Blatt **670** dargeſtellten Strebebandes M und die Verbindung an der Ecke, wo dieſes Band und die Dachſparren nebſt einem Zugbande anfallen, was in Fig. 6 nebſt der Dachrinne perſpektiviſch dargeſtellt iſt. Blatt **672** zeigt das Geſpärre der Laterne des Daches, und zwar iſt Fig. 1 ein Gebinde dieſer Laterne nebſt dem obern Theil der eigentlichen Dachſpitze nach der Tiefe geſehen, während Fig. 2 daſſelbe nach der Länge darſtellt; Fig. 3 iſt die perſpektiviſche Anſicht des untern Theils deſſelben mit der Art und Weiſe, wie es auf dem Dache ruht, Fig. 4 iſt das Halbgebinde bei A und B in Fig. 3, und Fig. 5 iſt die perſpektiviſche Anſicht der Verbindung des Gradſparrens mit den bei P in Fig. 3 daran anfallenden Theilen. Auf Blatt **673** ſehen wir endlich die Eindeckungsart mit galvaniſirtem Eiſenblech; Fig. 1 ſind die Blechtafeln und die eiſerne Belattung des Daches; in Fig. 2 ſieht man die Traufplatte der Dachrinne und die ganze

Digitized by Google

Anſicht einer Ecke der Bedachung; a iſt eine unbedeckte Unterlage, bb ſind die bedeckten Unterlagen; Fig. 3 iſt die Eindeckung mit den Falzen, Fig. 4 mit der Blechtafel, Fig. 5 mit der Ueberdeckung, Fig. 6 iſt eine Schraube der Ueberdeckung mit ihrer Bleikappe, Fig. 7 Verbindung der Ueberdeckungen nach der Länge der Unterlagen, Fig. 8 iſt ein Grundriß eines einfallenden Lichts, Fig 9 und 10 ſtellen die Verglaſung des Oberlichtes dar.

Das ganze Gewicht des Daches der Douane von Paris beträgt 86212 Kilogr.; jedes Gebinde hat ein Gewicht von 8072 Kilogr; die beiden Streben an den Enden des Daches, die Pfetten und die Firſtpfette, die 24 Ständer der Giebel, die 41 kleinen Bogen, die zur Verbindung der Gebinde unter ſich und zur Unterſtützung der Tragfähigkeit der Pfetten und der Firſtpfette dienen, wiegen zuſammen 16925½ Kilogr. Das Gewicht von dem Rippwerk des Ventilators und des Gitterwerks, worauf die Bedeckung von galvaniſirtem Blech liegt, beträgt 19135 Kilogr. Was außerdem an den oben genannten Summen fehlt, kommt auf Bolzen, Schrauben, Stifte und Ausfüllungen. Die geſammten Koſten betrugen mit Einſchluß der erforderlichen Rüſtungen zum Aufſtellen dieſes großartigen Zimmerwerks 122564 Fr. bei einer Geſammtoberfläche von 1440 Quadratmeter, und es koſtet demnach der Quadratmeter 85 Fr. 12 Cent.

Die Viktoriabrücke über die Themſe bei Windſor.

(Mit Zeichnungen auf Blatt **674** bis **678**.)

Von dem Dorfe Datſchet bei Windſor führte eine Brücke über die Themſe zu einem Fußweg, der den Park von Windſor durchſchlängelt. Dieſe Brücke beſtand merkwürdiger Weiſe auf der einen Uferſeite aus Eiſen, auf der andern aus Holz, weil ſich die betreffenden Kirchſpiele über die Wahl des Materials nicht hatten einigen können, und daher jede dasjenige wählte, was ihr am paſſendſten ſchien. Man beſchloß das Abbrechen dieſer Brücke und an deren Statt den Bau einer neuen, welche von dem Ingenieur der Forſtkommiſſion Herrn Thomas Page entworfen und in den Jahren 1848 bis 1851 von dem Herrn Rigbeys ſo ausgeführt wurde, wie ſie in den Zeichnungen auf Blatt **674** bis **678** dargeſtellt iſt, die wir der Güte des ebengenannten Hrn. Page verdanken.

Die Brücke iſt im Stile des Windſorſchloſſes, nämlich im gothiſchen Tudorſtil in einem Bogen von 120 Fuß Spannweite und 19 Fuß 6 Zoll Höhe von den Widerlagern an gerechnet über die Themſe erbaut, zu welchem auf beiden Seiten, wie aus der perſpektiviſchen Anſicht (Blatt **674**) erſichtlich iſt, gemauerte Viadukte führen, welche auf Blatt **675** Fig. 4 bis 7 in Anſicht und Querſchnitt dargeſtellt ſind; Fig. 1 und 2 auf demſelben Blatte zeigen die hintere Anſicht und den Durchſchnitt der Bogen, welche die Widerlagspfeiler mit den Viadukten verbinden. Aus Blatt **676** lernen wir die eigenthümliche Fundamentirung der Brückenpfeiler kennen. Es wurden nämlich in Abſtänden von 7 Fuß von Mittel zu Mittel hohle gußeiſerne 12 Zoll im äußern Durchmeſſer ſtarke Pfähle in die Erde geſchlagen, welche mit Nuten verſehen ſind, die je nach der Stellung der Pfähle einander gegenüber liegen oder einen rechten Winkel bilden wie bei den Eckpfählen (Fig. 3 Blatt **676**). Dieſe Nuten dienen zur Aufnahme von gußeiſernen Platten, die auf der Flußſeite glatt, nach innen aber durch Rippen verſtärkt ſind, wie aus Fig 1—5 zu erſehen iſt. Aus denſelben Figuren geht hervor, daß auch dieſe Einſchiebplatten mit Nuten verſehen wurden, um gehörig mit den Pfählen übereinander greifen zu können. Zur Erleichterung des Einſchiebens der Platten in die Nuten der Pfähle ſind die letztern mit einem Mennigkitt ausgeſchmiert. Wenn alſo die Pfähle geſchlagen ſind, die Platten ihre Stellen eingenommen haben, und das Ganze durch einen eiſernen Holm, wie aus den Zeichnungen erſichtlich, verbunden worden, ſo iſt eine dichte Wand oder ein dichter die Stelle eines Fangdammes vertretender Kaſten hergeſtellt, aus dem die darin befindliche Erde, Schlamm u. ſ. w. herausgegraben und der leere Raum mit Mauerwerk, Beton u. ſ. w. ausgefüllt werden kann. Zum ſichern Auflegen der eiſernen Widerlagsplatten des Bogens wurde (Fig. 7 Blatt **676**) ein Pfahlroſt geſchlagen, über den eine Betonſchicht gelegt iſt, worauf die Quader gelagert ſind, gegen die

Digitized by Google

ſich die Widerlagsplatten legen, die in Fig. 6 in größerm Maßſtabe erſcheinen.

Der Bogen der Viktoriabrücke beſteht aus fünf gußeiſernen Rippen (Fig. 3 Blatt 675); Fig 1 des Blattes 677 zeigt uns die äußere, Fig. 2 die innere Anſicht einer der beiden Stirnrippen, und eben ſo ſehen wir auf dem Blatte 678 eine mittlere Bogenrippe. Jede Rippe, die beiläufig 23 Tonnen wiegt, beſteht aus 13 mit Schrauben und Stahlſchlüſſeln zu einem Ganzen verbundenen Stücken. Auf beiden Blättern ſind die Konſtrukzionsdetails dieſer Rippen ſo genau angegeben, daß die Zeichnungen keiner weitern Erläuterung bedürfen. Die Rippen ſind der Quere nach durch gußeiſerne Gitterbalken (Fig. 3 Blatt 675) vereinigt, die ebenfalls durch Schrauben befeſtigt wurden (Fig. 3 Blatt 677). Ein weiterer Querverband der Bogenrippen zu dem Zweck, dieſelben während der Einwölbung zuſammenzuhalten, wurde durch ſchmiedeiſerne Schienen erreicht, die nach Fig. 9 (Blatt 678) in die obern Flanſchen des horizontalen Theils der Bogenrippen eingelaſſen ſind. Zur Herſtellung der Fahrbahn wurden die je 6 Fuß breiten Felder zwiſchen den Rippen mit 9zölligen Ziegeln eingewölbt (Fig. 3 Blatt 676) und darüber eine Schicht Konkret gebettet, welche die macadamiſirte Straße trägt.

In der Mitte des gußeiſernen Geländers ſieht man über dem Scheitel des Bogens ein Ornament, das aus einem Felde beſteht, welches von einem Kranz umgeben iſt und die königlichen Anfangsbuchſtaben in Gold trägt.

Das ganze Metallgewicht der Viktoriabrücke wird auf 250 Tonnen angegeben.

Etwa 1¼ engl. Meile von dieſer Brücke entfernt erhebt ſich eine andere nach derſelben Zeichnung und in denſelben Dimenſionen erbaute Brücke über die Themſe, welche den Namen Albertsbrücke führt. Beide Bauwerke ſind für den Fluß und die ganze Gegend eine wirkliche Zierde.

Beſchreibung von zwei neuen Dampfmaſchinen zur Hebung des Waſſers bei den Waſſerwerken von Birmingham.

(Mit Zeichnungen auf Seite 467 und 469.)

Dieſe Maſchinen wurden von den Hrrn. Jam. Watt und Comp. für die Waſſerwerke von Birmingham erbaut, und verdienen die allgemeine Aufmerkſamkeit, nicht ſowohl wegen ihrer ganzen Einrichtung, ſondern wegen ihrer Größe, ihrer ſchönen Ausführung und der Vollkommenheit ihrer Leiſtung.

Die Waſſerwerke von Birmingham wurden im Jahre 1830 gegründet. Die Geſellſchaft hatte damals zwei Dampfmaſchinen mit Cylindern von 61 Zoll Durchmeſſer und 8 Fuß Kolbenhub anfgeſtellt, welche zwei Pumpen von 18″ Durchmeſſer und 6′ 8″ Hubhöhe in Bewegung ſetzten. Bis zum Jahre 1850 hielt man dieſe Maſchinen für ausreichend; in dieſer Zeit aber hatten ſich die Bedürfniſſe dergeſtalt vermehrt, daß die Geſellſchaft ihre Werke durch zwei neue Maſchinen von großer Kraft zu vermehren beſchloß, wovon wir auf Seite 467 Anſicht und Durchſchnitt mittheilen. Die Cylinder dieſer neuen Maſchinen haben 72″ Durchmeſſer und ihre Kolben 10′ Hubhöhe; ſie treiben eine Pumpe von 23″ Durchmeſſer und einer Hubhöhe von ebenfalls 10′ unter einem Waſſerdruck von 252 Fuß, was mit den Krümmungen in der Hauptleitungsröhre und den Reibungen einen Totalwiderſtand von 285′ ausmachen dürfte und folglich einer Laſt von 124 Pfund pro Quadratzoll auf den vollen Pumpenkolben, oder von 13 Pfund auf den Dampfkolben entſpräche. Das über dem Kolben angebrachte Gewicht, welches die Belaſtung auf die Luftpumpe und die Reibungen der Maſchine überwinden, ſo wie eine Geſchwindigkeit von 10 Hüben pro Minute unterhalten ſoll, beträgt nahezu 26½ Tonnen oder 142 Pfund pro Quadratzoll oder 23″ auf den Pumpen- und 14½ Pf. auf den Dampfkolben. Die Pferdekraft dieſer Maſchinen, wenn 10 Hub pro Minute erfolgen, beträgt demnach 180, und die ganze Kraft, über welche die Geſellſchaft zur Verſorgung der Stadt Birmingham mit Waſſer verfügen kann, kommt alſo 530 Pferdekräften gleich. Die Dampfcylinder A A haben Mäntel oder Dampfgehäuſe von Filz und ſind außerhalb mit Holz bekleidet, um jeder Wärmeausſtrahlung zuvorzukommen;

Digitized by Google

der Deckel des Cylinders, wie auch das Dampfeinlaßrohr ſind auf gleiche Weiſe bekleidet.

Fig. 1 (Seite 467) iſt der Aufriß der Dampfmaſchine und der Pumpen, und Fig. 2 ein Durchſchnitt der Hauptpumpe, der Saug- und Abflußröhren und des Windkeſſels in größerem Maßſtabe; Fig. 1 (Seite 469) iſt ein Vertikaldurchſchnitt des Cylinders mit ſeinem Kolben und ſeiner Stange und ein Seitendurchſchnitt der Dampfröhren; Fig. 2 iſt ein Durchſchnitt von vorn durch die Dampfröhren; man ſieht das Dampfventil C, das Gleichgewichtsventil D und das Evakuazionsventil E. Dieſe in Fig. 3 und 4 in größerem Maßſtab dargeſtellten Ventile haben reſp. 13, 15 und 18 Zoll Durchmeſſer und ſind nach dem Syſtem der doppelt wirkenden konſtruirt, bei dem der hauptſächliche Theil des Drucks, dem das gewöhnliche Kegelventil unterworfen iſt, vermieden wird. Das Dampfregulazionsventil F hat eine einfach koniſche Form und wird von einer Schraube und einem Rade getrieben.

Die Belaſtung dieſer Maſchinen variirt je nach dem Unterſchied des Niveaus im oberen Reſervoir und dem Grad der Reibung des Waſſers während ſeines Laufs, und oft geſchieht es, daß das Waſſer ſchneller ausſtrömt als es die Maſchinen liefern können; die Geſchwindigkeit des Waſſers nimmt alſo jenſeits des Punktes, wo die raſche Ausſtrömung ſtattfindet, ab und mit ihr der Widerſtand.

Um jedem Unfall vorzubeugen, der durch den plötzlichen Stillſtand der Maſchine in Folge der Verminderung des Widerſtandes ſich ereignen könnte, hat man zwiſchen der oberen und unteren Einſtrömungsöffnung und in der Röhre, die mit dem oberen und unteren Theil des Cylinders kommunicirt, ein Kropfventil G angebracht, das auf ähnliche Weiſe wie das Dampfregulazionsventil mittelſt einer Schraube und eines Rades regulirt wird. Wird die Paſſage verengert, ſo wird das Gleichgewicht des Drucks zwiſchen dem oberen und unteren Theil des Cylinders während der Zeit, wo der volle Kolben niedergeht, langſamer hergeſtellt, je nach dem Uebergewicht des Drucks über den verminderten Widerſtand; es tritt ſonach gleichſam eine Pauſe ein, aber ohne daß Kraft verloren geht oder die Thätigkeit der Maſchine in Unordnung geriethe. In Fig. 3 iſt der Kolben im Niedergehen dargeſtellt. Die Dampf- und Ausſtrömungsventile ſind offen, das Balancirventil iſt geſchloſſen. In Fig. 4 ſind das Dampfregulazionsventil F und das Gleichgewichtsregulazionsventil G weit geöffnet.

Die Oeffnung des Dampfventils, ſo wie die des Einſtrömungs- und Entleerungsventils der Luft wird durch einen Katarakt regulirt, und die Geſchwindigkeit der Maſchine ſteht ſomit unter der Kontrole des Heizers. Das Balancirventil wird durch Vorfälle im Viertelkreis geöffnet und iſt von dem Aufgehen des Entleerungsventils abhängig.

Auch das Einſtrömungsventil iſt nach dem doppelt wirkenden Syſtem konſtruirt, um die Kraftäußerung auf die Spindel des Ausſtrömungsventils ſo gering als möglich zu machen, indem jeder Druck von ihr entfernt gehalten wird; die untere Seite deſſelben iſt nach dem Kondenſator zu offen. Für den Fall, daß eine Röhre in der Leitung berſtet und der den Pumpenkolben treffende Widerſtand plötzlich aufgehoben würde, iſt an die Stange des Hahns ein Vorfall befeſtigt, um die Wiederholung des Stoßes auf den wagerechten Riegel S, der das Lager des Banlanciers ſtützt («spring beams») mittelſt der Vorfallhaken (catch pins) zu verhüten. Dieſer Vorfall (detente) tritt dann in Wirkſamkeit, wenn die Dampfmaſchine den gewöhnlichen Kolbenhub bei gewöhnlicher Leiſtung überſchreitet, indem er den Griff des Dampfventils niederhält und ſomit das Oeffnen des letzteren verhindert.

Die Luftpumpe und der Kondenſator haben beide 4 Zoll Durchmeſſer und 5 Fuß Hublänge. Der Stempel der Luftpumpe iſt mit einem meſſingenen Ringventil verſehen, und das obere und untere Ventil der Luftpumpe iſt eine Klappe von gewöhnlicher Konſtrukzion. Je nach dem Stand der Atmoſphäre erhält man ein Vacuum von 27 bis 28 Zoll. Jede Maſchine hat ihren eigenen Kondenſatorbehälter von Gußeiſen, der von einer Kaltwaſſerpumpe von 13½ Zoll Durchmeſſer und 5 Zoll Hublänge geſpeiſt wird.

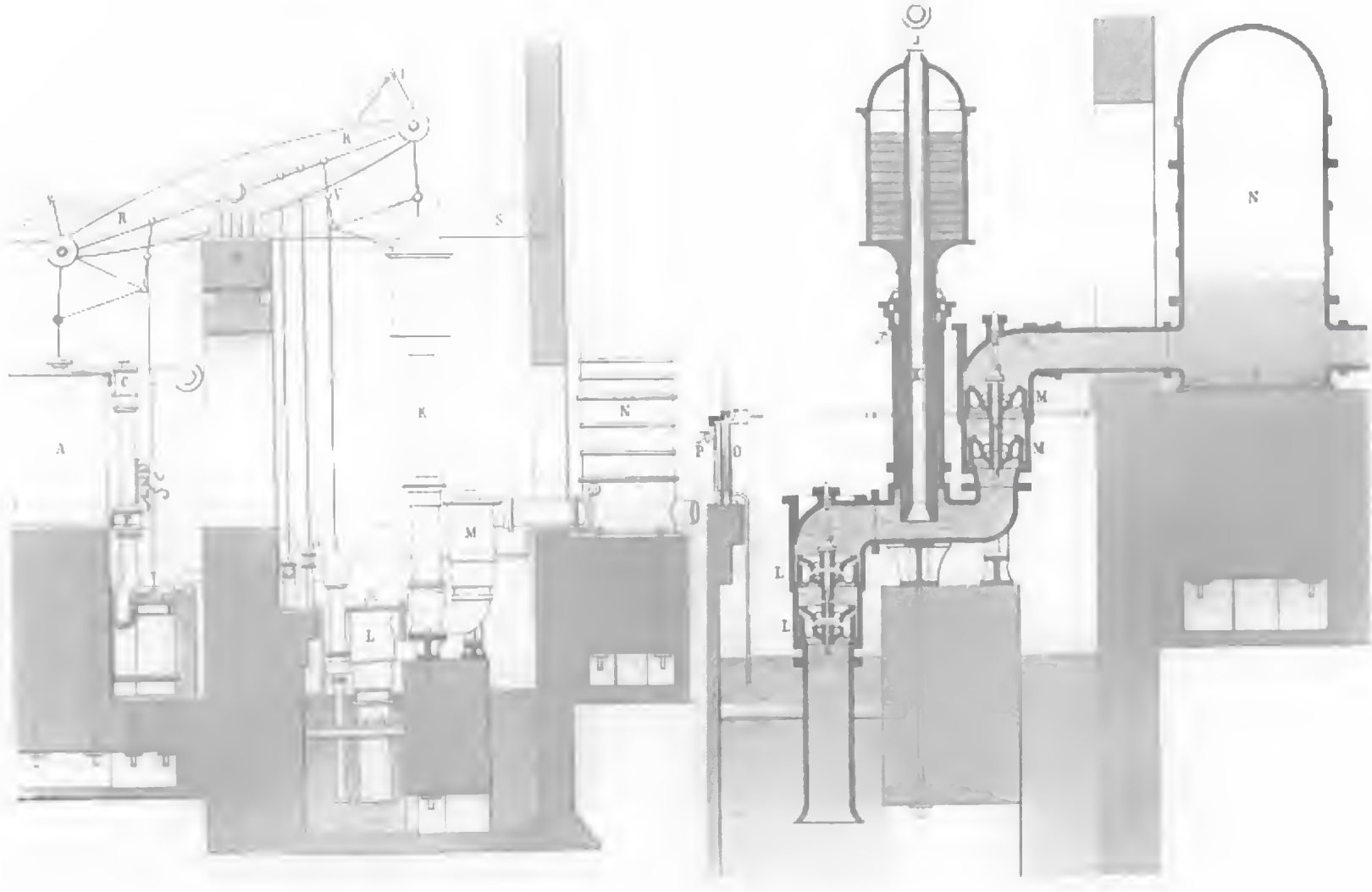
Die Speiſepumpe hat 6½ Zoll Durchmeſſer und 2 Fuß 6 Zoll Hub; ſie iſt mit einem Luftreſervoir verſehen. Der Stempel K hat 23 Zoll Durchmeſſer und dieſelbe Hublänge wie der Dampfkolben. Die Saugventile L L und die Abflußventile M M (in Fig. 4 vergrößert dargeſtellt), ſind doppelt wirkende und paarweis vorhanden, um die Wirkung der Pumpe in den Fällen, wo eines derſelben ſtecken bliebe oder auf irgend eine Art in Unordnung geriethe, zu ſichern. Dieſe Ventile ſind aus Gußeiſen und ihre Sitzflächen beſtehen

Digitized by Google

Pumpmaschine für die Wasserwerke von Birmingham

Fig 1. Aufriss.

Fig 2 Längendurchschnitt



Digitized by Google

Digitized by Google

Taylor's verbesserter Wassermesser

Fig. 1.

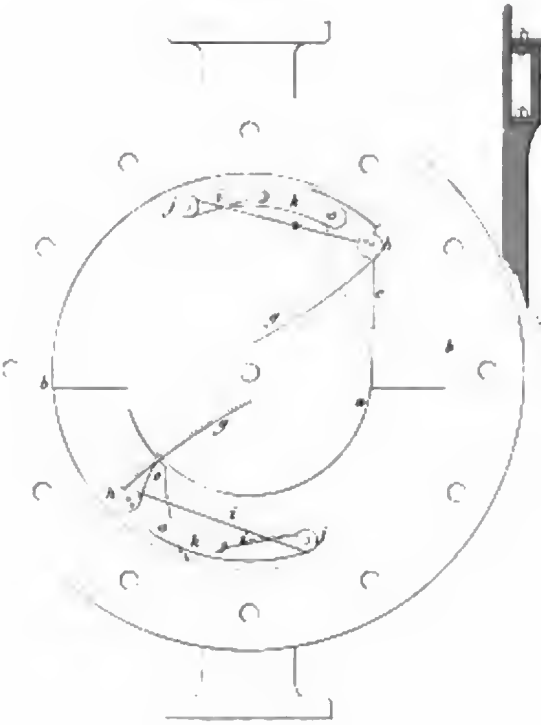


Fig. 4.

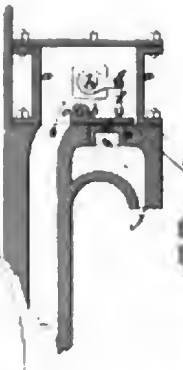
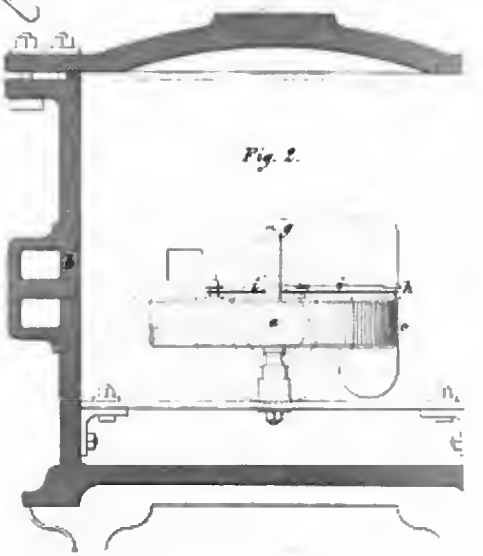


Fig. 5.

Fig. 2.



Details zu der Dampfmaschine der Wasserwerke zu Birmingham.

Fig. 1.

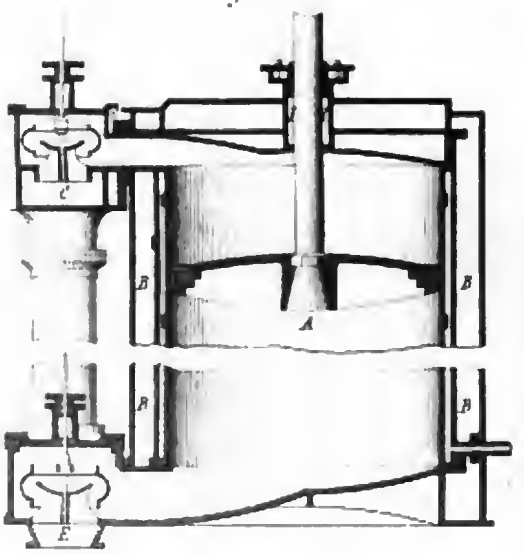


Fig. 3.

Fig. 4.

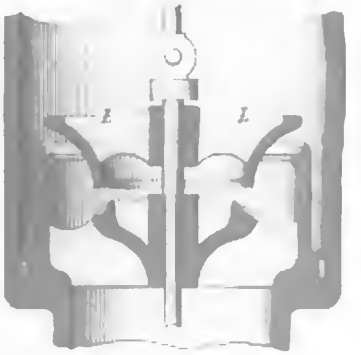
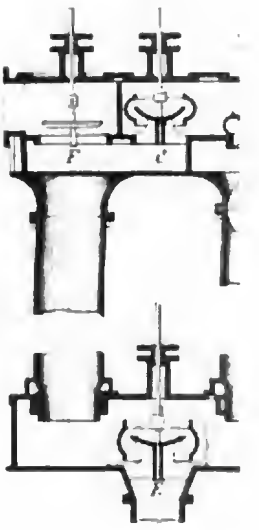


Fig. 2.



Allgem. Bauzeitung 1854.

Digitized by Google

aus einer Legirung von Zinn und Blei, die in ſchwalbenſchwanzförmige Vertiefungen gegoſſen iſt, welche rings auf den gußeiſernen Rand angebracht ſind und eine vollkommene Befeſtigung gewähren.

Die Waſſerpaſſage durch dieſe Ventile hat denſelben Flächenraum wie der Pumpenkolben; ſie heben ſich ungefähr um 2 Zoll. Der Stoß bei dem Schließen derſelben iſt kaum fühlbar. Nach ſechsmonatlichem Gange der Maſchine fand man bei dem Herausnehmen der Ventile, daß dieſe Sitzflächen in demſelben guten Zuſtande waren als im Anfange.

Das Luftreſervoir N (Seite 467) hat 7 Fuß Durchmeſſer im Innern und 18 Fuß Höhe oder 15 Fuß Höhe über dem Abfluß in die Hauptleitungsröhre; es wird mittelſt einer eignen Pumpe O von 6 Zoll Durchmeſſer und 3 Fuß 6 Zoll Hub mit Luft gefüllt. Auf der Saugröhre dieſer Pumpe iſt ein Lufthahn P befeſtigt, welcher den erforderlichen Zufluß der Luft regulirt. Dieſer Hahn braucht nur von Zeit zu Zeit offen zu ſein, und wenn er geſchloſſen iſt, ſo hebt die Pumpe nur Waſſer. Dieſes Luftreſervoir iſt von großer Bedeutung, indem es eine regelmäßige und kontinuirliche Bewegung des Waſſers in der Hauptröhre herſtellt und folglich ein geringeres Gewicht erforderlich iſt, um die für den Niedergang des Pumpenkolbens erforderliche Geſchwindigkeit mitzutheilen. Auf der Spitze des Pumpenkolbens iſt eine Büchſe befeſtigt, welche die Gewichte enthält, die nothwendig ſind, um die Belaſtung oder den Widerſtand zu überwinden; Kolben, Stange und Gewichte haben zuſammen 26½ Tonnen.

Auf der erſten mit dem Luftreſervoir verbundenen Vertheilungsröhre iſt ein Abfluß- und Sicherheitsventil von 6 Zoll Durchmeſſer befeſtigt, welches etwas über den Druck in der Hauptröhre belaſtet iſt, um zu verhindern, daß die Pumpe keine außergewöhnliche Belaſtung durch den zufälligen Verſchluß der Vertheilungshähne oder Schützen zwiſchen den Maſchinen und der Stadt erfährt.

Der Balancier R R iſt 20 Fuß lang und beſteht aus zwei Platten von je 3 Zoll Dicke; in der Mitte beträgt ſeine Höhe 6 Fuß und an den Enden 2¼ Fuß. Die Vorfallhaken U U ſind von Schmiedeiſen. Die übrigen Details der Zeichnungen bedürfen keiner weiteren Erklärung.

Die Waſſerquantität, die bei jedem Kolbenhub jeder Maſchine gehoben wird, beträgt 180 Gallonen, alſo 1800 Gallonen in der Minute und 108000 in der Stunde, was einem Gewicht von 483 Tonnen pro Stunde gleichkommt.

Apparat zur Meſſung und Leitung eines Stromes von Waſſer oder anderen Flüſſigkeiten.

(Mit Zeichnungen auf Seite 469.)

Dieſe Erfindung beſteht erſtlich darin, daß Flüſſigkeiten in Meßapparate durch eine oder mehrere Oeffnungen eingelaſſen werden, die ſich ausdehnen und kontrahiren können, ſo daß ein verſchiedener Flächenraum reſultirt; die Wirkung des Meßapparates ſoll auf dieſe Weiſe empfindlicher werden, wenn eine relativ geringe Menge Flüſſigkeit abgelaſſen wird; zweitens in der Konſtrukzion eines Ventils zum Leiten des Stromes; und zwar beruht das Weſentliche der Erfindung hinſichtlich dieſes Ventils darauf, daß letzteres von Metall und mit Gutta-Percha an ſeiner Stelle gehalten wird. Weſentlich neu iſt außerdem noch die Art, wie dieſes Ventil ſich öffnet und ſchließt.

Fig. 1 (Seite 469) iſt der Grundriß eines Meßapparats; Fig. 2 iſt ein Vertikaldurchſchnitt deſſelben, und Fig. 3 iſt die Anſicht einer der Oeffnungen, durch welche die Flüſſigkeit einſtrömt, und zwar in zwei Stellungen. Dem Princip nach beruht die Meſſung auf dem Anſtoßen der Flüſſigkeit an ein Rad mit Flügeln, welches dadurch umgedreht wird. Es iſt einleuchtend, daß auch bei der genaueſten Konſtrukzion der Stoß einer Flüſſigkeit, der ein gewiſſes Maß überſchreitet, das Flügelrad treffen muß, ehe eine Umdrehung erfolgen kann, und folglich ehe eine Meſſung angegeben ſein wird. Ehe alſo die erforderliche Wirkung eintritt, kann ein gewiſſes Quantum Flüſſigkeit abfließen, ohne eine Wirkung hervorzubringen; und obgleich im Verhältniß zur Konſtrukzion des Meſſers dieſes Quantum

Digitized by Google

ſehr klein ſein kann, ſo iſt es doch wünſchenswerth dieſen Uebelſtand zu umgehen. Dieſes wird auf die Weiſe bewirkt, daß die Oeffnungen ſich ſelbſtthätig kontrahiren und ausdehnen, je nachdem mehr oder weniger Flüſſigkeit aus dem Meſſer abfließt. Das Rad a iſt auf einer Spindel in einem Gehäuſe befeſtigt; die zu meſſende Flüſſigkeit ſtrömt durch die Oeffnungen c ein, die mit Röhren in Verbindung ſtehen. Die Paſſage d, durch welche die Flüſſigkeit einſtrömt, hat eine Klappe e, welche ſich bei f um ein Centrum dreht; an dieſes Centrum iſt ein Flügel g befeſtigt, der ſich nach dem Centrum des Rades a zu ausdehnt. Die Achſe der Klappe e trägt eine excentriſche Rolle h, mit welcher das Ende eines elaſtiſchen Bandes i verbunden iſt; das andere Ende deſſelben, welches über die Rolle j läuft, iſt an den Arm k befeſtigt, der die Rolle j trägt. Durch die Elaſticität dieſes Bandes wird die Klappe e, wenn ſie nicht nach außen gedrückt wird, an ihrer Stelle in der Oeffnung c gehalten, ſo daß die Oeffnung geſchloſſen iſt mit Ausnahme der kleinen durch die Röhre l gebildeten Oeffnung; dieſe Röhre erſtreckt ſich nach auswärts und läßt einen Strom von Flüſſigkeit auf einen Punkt gehen, der mit den Flügeln des Rades a in nächſter Berührung ſteht. Nehmen wir nun an, die Theile befänden ſich in der Stellung, wie ſie Fig. 3 zeigt, und ein kleines Quantum Flüſſigkeit fließe aus dem Meſſer ab (um dieſes Quantum zu erſetzen, muß ein gleiches einſtrömen, und zwar geſchieht dies durch die kleine Oeffnung der Röhre l), zugleich werde die Klappe durch das elaſtiſche Band i an ihrer Stelle feſtgehalten; iſt nun der Druck auf dieſe Weiſe konzentrirt, ſo wird eine hinreichende Gewalt ausgeübt, um das Rad a um ſeine Achſe zu drehen; die verbrauchte Quantität Flüſſigkeit iſt ſomit angegeben. Iſt nun das Rad a ſoweit in Bewegung geſetzt und wird eine größere Quantität Flüſſigkeit abgelaſſen, ſo muß die Flüſſigkeit im Kreis herum ſtrömen und durch ihren Druck auf den Flügel g die Klappe e herumdrehen, wodurch der ganze Flächenraum der Paſſage geöffnet wird, wie die punktirten Linien in Fig. 3 zeigen. Um dieſe Bewegung zu reguliren, iſt in der Oeffnung c eine Rinne für die Röhre l angebracht.

Die zweite Erfindung iſt in Fig. 4 an dem Vertikaldurchſchnitt einer ſtehenden Röhre zu ſehen. An dem oberen Theile der Röhre iſt eine Büchſe a befeſtigt, in welcher ſich die Klappe b befindet, die ſich um das Scharnier c dreht. Dieſes Ventil beſteht aus Metall, an welches ein Stück Gutta-Percha d befeſtiget iſt; dieſer, durch hohe Temperatur plaſtiſch gemacht, iſt nach dem Sitze e geformt. An die Metallplatte der Klappe iſt eine Kette f befeſtigt, die mit einem an einer Achſe h befeſtigten kurzen Hebel g in Verbindung ſtehet; das eine Ende der Achſe geht durch die Büchſe a und iſt daſelbſt mit der Handhabe i verſehen. Durch das Umdrehen derſelben hebt ſich die Klappe, und die Flüſſigkeit kann durch die Oeffnung j ſtrömen; der Druck ſchließt die Klappe wieder.

Bayerische Staatsbibliothek München

Digitized by Google

Verbeſſerungen.

Auf Seite 353, 355 und 356 des Jahrganges 1853 der Bauzeitung kommt ſechsmal der Buchſtabe ζ ſtatt des Klammerzeichens {—} oder {—} vor.

Auf Seite 354 Spalte 2 Zeile 15 von unten ſteht A v ſtatt d v.

Am Schluſſe muß es heißen W. Lahmayer ſtatt Chr. Lahmayer.

Auf Seite 207 des Jahrganges 1854 der Bauzeitung iſt in der Fig. 25 unter die Linie K neben A ein J zu ſetzen.

„ „ 210 — — in der Formel, Zeile 5 von unten in der erſten Spalte muß es heißen $[v,^3 + v^3\,2\,n$ ſtatt $[v_{,3} + v^3{}_2\,n$.

„ „ 210 — — in der zweiten Zeile der erſten Spalte muß es heißen $[v,^3 + v^3\,2\,n$ ſtatt $[v_{,3} + v^3{}_2\,n$.

„ „ 392 — — Spalte 2 letzte Zeile von unten leſe man Lagallaſſerie.

Digitized by Google

Anzeige.

Mit der Herausgabe des neunten Heftes des 19ten Jahrgangs der Allgemeinen Zeitung verbinden wir die Anzeige, daß die letzten drei Hefte im Monat Januar d. J. werden ausgegeben werden, welche in denselben enthalten: 21 Blätter des Atlas im Maßstabe von 1/2 Millionel, welche Darstellung der Bodenverhältnisse, Gewässer, Gebirge, eine vollständige Mineralogie, die Resultate der Reisen des Herrn Prof. Dr. Moritz in Petersburg und anderer neuerer Reisenden enthalten.

Die Redaktion und Herausgabe eines Unternehmens, welches, wie dieses, so vielfach von Umständen und Personen, deren bester Wille nicht immer in ihrer Gewalt ist, abhängig ist, wie es die Zeichnungen von so vielen verschiedenen Landschaften erfordert, die Besorgung der ersten Ausführung genau und gewissenhaft zu prüfen, und sich selbst bei den für den Kupferstich nöthigen Originalien nicht beruhigt und diese nur ganz nach Anleitung fremder mündlicher Aufklärungen von den Herren Einsendern erforderlich machte, verursacht eine große Zeitverspätung, die auch in der regelmäßigen Erscheinung der einzelnen Hefte der Zeitung sich äußert. Wenn gleich dieß für uns stets unangenehm ist, so haben wir doch besser zu thun geglaubt, lieber durch sorgfältige und richtige, so wie typographisch und künstlerisch sorgfältig gestochene Blätter sie zu entschädigen, als oberflächlich gearbeitete, bei welchen letzteren Fehlern wir freilich eine regelmäßigere Erscheinung hätten eintreten können, und aber dann doch jedenfalls nur zum Nachtheil der verschiedenen Darstellungen unseres Atlas gethan würde. Wenn nun die bisher erschienenen Hefte dieses Jahrgangs der Zeitung betreffend, so wird nun bei unserer Prüfung der Blätter, nicht nur die Lithographie in Wien, die Kupferdruckerei in Breslau, das meterische Reliefgebäude in Algier, die Lagerung im plutonischen Gebirge, die Synonymie und andere Gegenstände dargestellt sind, gestehen müssen, daß diese mehrfache Abänderung sehr viel Zeit erfordern mußte und daß man dieselbe nicht immer von einem festgesetzten Termine abhängig machen kann. Wir hoffen deßhalb in Erwägung dieser Umstände auf die Nachsicht unserer Herren Abnehmer in Betreff der einige Male verspäteten Herausgabe der letzten Hefte, und bitten dieselben, diese Unannehmlichkeit nur dem Bestreben zuzuschreiben zu wollen, in künstlerischer Vollendung Alles zu leisten, was in unseren Kräften steht;

eine Aufgabe, die in neuester Zeit noch schwieriger geworden ist, seit sich die Anforderungen der Mitarbeiter und die Kosten für Stich, Druck u. Papier in einem so hohen Maßstabe gesteigert haben, daß wir am Ende in die Lage versetzt wären, unser nun seit 19 Jahren bestehendes Unternehmen aufzugeben, wenn wir nicht im Stande wären, der guten Sache Opfer zu bringen und im Besitz einer artistischen Anstalt uns befänden, wodurch uns so manche Erleichterungen zu Gebote stehen, auf die wir sonst verzichten müßten.

Nicht dieselben Schwierigkeiten wie bei den Zeichnungen zeigen sich bei dem Texte der Allgemeinen Bauzeitung, welcher zum Theil früher expedirt werden könnte. Wir haben uns daher entschlossen, alle jene Texte, welche nicht von Blättern des Atlas, sondern nur von Einsteckblättern oder von gar keinen Zeichnungen begleitet sind, und wissenschaftliche Abhandlungen, technische Notizen, Reiseberichte u. s. w. enthalten, jeden Monat in einzelnen Heften regelmäßig herauszugeben, die Zeichnungen unseres Atlas aber von zwei zu zwei Monaten in Doppellieferungen erscheinen zu lassen. — Wir werden mit dieser neuen Einrichtung im nächsten Jahrgange der Bauzeitung beginnen, dessen erstes Heft ebenfalls noch im Jänner 1855 erscheinen soll. An unsere geehrten Herren Mitarbeiter richten wir noch die Bitte, das Honorar für ihre Ausarbeitungen gleich bei deren Einsendung anzugeben und dabei die möglichst billigen Bedingungen zu stellen, weil alle Arbeiten nicht von gleicher Mühe und gleich hohem Werthe sein können und weil wir ferner den Aufwand für die Auflage mit dem beschränkten Einkommen durch die Abonnements in ein angemessenes Verhältniß setzen müssen.

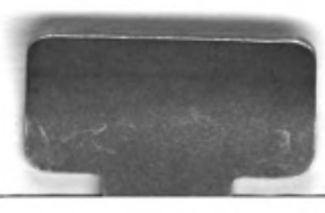
Wien im December 1854.

Die Redaction der
Allgemeinen Bauzeitung.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Google
SCHIE
Pendt

Anzeige.

Mit der Herausgabe des nächsten Heftes des 19ten Jahrganges der Allgemeinen Zeitung verbinden wir die Anzeige, daß die letzten drei Hefte im Monat Januar d. J. werden ausgegeben werden, deren jedes derselben an Umfang 21 Bögen des Atlas im Max-Format enthalten wird. Das nächste wird eine Darstellung der Fortschritte Russlands in Asien, eine statistische Mineralogie-Beschreibung, die Resultate der Reise von Marmier in Island und mehrere neue erhaltene Nachrichten bringen.

Die Redaktion und Herausgabe eines Journals, das wissenschaftlichen Zeitgeist fängt, leidet, wie Jedermann bekannt, immer beim besten Willen nicht vermeiden kann, Verzögerungen, oft Zurücksetzungen von sehr interessanten Beiträgen, die bei der ersten Aufstellung genau und zuverlässig erscheinen, weil sich jedoch bei dem für den Buchhandel bestimmten Umgange nicht berechnet und bestimmt ganz neue Aufforderungen, neue Aufklärungen von den Herren Correspondenten erforderlich machen, wodurch eine große Zeitverlust entsteht, der auch in der regelmäßigen Erscheinung der einzelnen Hefte der Zeitung sich ändert. Abzuhelfen war für uns diese unangenehme ist, so haben wir uns bisher an den Grundsatz festgehalten, lieber die sichersten und richtigsten, wenn sie auch etwas spät eingehenden Blätter sorgfältig gesammelt abzuarbeiten, als mit solchen letzten Nachrichten wir freilich eine regelmäßigere Erscheinung hätten erreichen können, aber dann jedenfalls nur zum Nachtheil der vorhergehenden Darstellungen unseres Atlas gewesen wären. Wenn nun die beiden erschienenen Hefte des laufenden Jahrganges der Zeitung bestimmt sind, werden nun bei unserer Prüfung der Blätter nicht denen der Leihbibliothek in Wien, der Stadtbibliothek in Breslau, der naturhistorischen Museum in Mainz, der Lesegesellschaft in Frankfurt, und mehreren Gründen der Zeitung, die Zeitschriften und mehrere Gegenstände dargestellt sind, gestehen müssen, daß diese mehrfache Aufschiebung sehr viel Zeit erfordern müßte, und wir uns daher nicht immer von einem festgesetzten Termin abhängig machen können. Wir hoffen daher durch Vermeidung dieser Nachtheile mehr der Regelmäßigkeit unserer Herausgabe, und Vermeidung der wiederholten verspäteten Herausgabe der letzten Hefte, und bitten daher die Unannehmlichkeit, die dem Lesepublikum zugeschrieben zu werden, durch diese Anzeige Alles zu bestimmen, und den unseren Dank

eine Aufgabe, die in neuester Zeit noch schwieriger geworden ist, seit sich die Anforderungen der Mitarbeiter und die Kosten für Stich, Druck u. Papier in einem so hohen Maßstabe gesteigert haben, daß wir am Ende in die Lage versetzt wären, unser nun seit 19 Jahren bestehendes Unternehmen aufzugeben, wenn wir nicht im Stande wären, der guten Sache Opfer zu bringen und im Besitz einer artistischen Anstalt uns befänden, wodurch uns so manche Erleichterungen zu Gebote stehen, auf die wir sonst verzichten müßten.

Nicht dieselben Schwierigkeiten wie bei den Zeichnungen zeigen sich bei dem Texte der Allgemeinen Bauzeitung, welcher zum Theil früher expedirt werden könnte. Wir haben uns daher entschlossen, alle jene Texte, welche nicht von Blättern des Atlas, sondern nur von Einsteckblättern oder von gar keinen Zeichnungen begleitet sind, und wissenschaftliche Abhandlungen, technische Notizen, Reiseberichte u. s. w. enthalten, jeden Monat in einzelnen Heften regelmäßig herauszugeben, die Zeichnungen unseres Atlas aber von zwei zu zwei Monaten in Doppellieferungen erscheinen zu lassen. – Wir werden mit dieser neuen Einrichtung im nächsten Jahrgange der Bauzeitung beginnen, dessen erstes Heft ebenfalls noch im Jänner 1855 erscheinen soll. An unsere geehrten Herren Mitarbeiter richten wir noch die Bitte, das Honorar für ihre Ausarbeitungen gleich bei deren Einsendung anzugeben und dabei die möglichst billigen Bedingungen zu stellen, weil alle Arbeiten nicht von gleicher Mühe und gleich hohem Werthe sein können und weil wir ferner den Aufwand für die Auflage mit dem beschränkten Einkommen durch die Abonnements in ein angemessenes Verhältniß setzen müssen. –

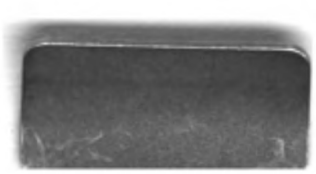
Wien im December 1854.

Die Redaction der
Allgemeinen Bauzeitung.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Google

SCHIEDECK